



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, MANAGUA
RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO
FACULTAD DE HUMANIDADES Y CIENCIAS JURÍDICAS



Departamento de Historia

Carrera: Historia con Mención en Arqueología



LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO DE NICARAGUA CON EL USO DE LAS TIC.

Una propuesta desde la "Arqueología Virtual".

(Tesis para optar al título de Licenciado en Historia con mención en Arqueología)

Autor: Br. Jeus Antonio González Tuckler

Tutora: Msc. Sagrario Balladares N.

ARQU
378.243
Leon
2017


Biblioteca Central "Salomón de la Selva"	
UNAN-Managua	
Fecha de Ingreso.	08/08/17
Comprado:	Don. Dpto - Hist
Precio: C\$	US\$
Registro No.	97026

Managua, Nicaragua.
Agosto 2017

LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO DE NICARAGUA CON EL USO DE LAS TIC.

Una propuesta desde la “Arqueología Virtual”.

(Tesis para optar al título de Licenciado en Historia con mención en Arqueología)


Autor:
Lic. Sergio Ballesteros
Tutor de Tesis

Managua, 20 de julio de 2017

Maestra
Thelma López Briceño
Directora
Departamento de Historia
UNAN, Managua

Estimada Msc. López Briceño

Sirva la presente para hacer de su conocimiento que ha concluido exitosamente el trabajo monográfico titulado, ***"LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO DE NICARAGUA CON EL USO DE LAS TIC. Una propuesta desde la Arqueología Virtual."***, desarrollado por el Br. Jeus Antonio González Tuckler.

La aptitud que posee el bachiller González Tuckler para el manejo de nuevas tecnologías le permitió desarrollar habilidades en la reconstrucción en 3D de contextos y objetos arqueológicos que se están estudiando actualmente desde el Centro Arqueológico de la Facultad de Humanidades y Ciencias Jurídicas, ejercicio académico desarrollado como culminación de su formación profesional, convirtiéndose esta línea de estudio en los primeros pasos para el desarrollo de ésta en nuestro país.

Como resultado de este trabajo hoy Nicaragua cuenta -al igual que otros países de la región-, con la aplicación de nuevas tecnologías para la conservación del patrimonio arqueológico y la difusión del mismo. Estos resultados estarán dispuestos para aquellos investigadores nacionales que quieran dar continuidad a este estudio.

A mi criterio esta investigación aplicada cumple con los requisitos teóricos - metodológicos de la Arqueología Virtual y puede ser defendida cuando usted lo considere oportuno.

Dado en la ciudad de Managua, a los veinte días del mes de julio de dos mil diez y siete.

Atentamente,
Msc. Sagrario Balladares N
Tutora de Tesis

cc. cronológico

Contenido

I. INTRODUCCION.....	6
CAPITULO I.....	13
Precedentes y aspectos jurídicos	13
1.1 Antecedentes	14
1.2 Marco Jurídico de Nicaragua para el Patrimonio Arqueológico.	21
1.2.1 Ley de Protección al Patrimonio Cultural de la Nación DECRETO No. 1142 ...	23
1.2.2 Reglamentación para Investigaciones Arqueológicas DECRETO No. 10-2006.	25
CAPITULO II.....	28
Aspectos teóricos metodológicos de la Arqueología Virtual.	28
2.1 Cuerpo teórico fundamentos de la arqueología virtual.....	29
2.2 Herramientas informáticas en la investigación. Tendencia de la Arqueología virtual.	34
2.3 Principios Internacionales para la virtualización del patrimonio Arqueológico.....	41
2.4 Contextualización. El uso de estas técnicas de la arqueología virtual al patrimonio nicaragüense.	44
CAPITULO III.....	50
Resultados de Virtualización arqueológica del patrimonio arqueológico de Nicaragua. ...	50
3.1 Resultados de Virtualización arqueológica del patrimonio arqueológico de Nicaragua.....	51
3.2 Excavación del sitio # 9 del yacimiento de Brito -Rivas en abril del 2016	52
3.2.1 Excavación Sondeo #1.	54
3.2.2 Excavación sondeo #2.....	56
3.2.3 Reconstrucción del Horno de secado del sondeo #2.	58
3.2.4 Excavación sondeo #3.....	60
3.2.5 Excavación sondeo #4.....	62
3.2.6 Rescate del Horno del sondeo 4.....	63
3.3 Proyecto Matiguás.	65
3.4 Levantamiento fotogramétrico en vasijas cerámicas.	69
3.4.1 Reconstrucción vasija cerámica salinera.	71
Conclusiones	73
Bibliografía.....	75
Anexos	81

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer sobre todas las cosas a mi padre, Ing. Sergio Antonio González Almanza, por su apoyo incondicional durante todo este proceso de formación que me permitió culminar con esta etapa de mi vida.

Mi agradecimiento también al personal de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-MANAGUA por tener entre sus docentes un personal capaz, entregado a la educación y formación de valores en los estudiantes y nuevos profesionales, y por el apoyo recibido de parte de las autoridades para la gestión y solución de distintas actividades relacionadas a mi formación académica.

No puedo pasar por alto agradecer a los docentes del Departamento de Historia de la Facultad de Humanidades y Ciencias Jurídicas quienes pasaron del rol común, maestro – alumno, sembrando una confianza y respeto que trascendió de las aulas de clases, en especial a mi tutora, Msc. Sagrario Balladares N, cuyos consejos y ánimos influyeron significativamente para alcanzar esta meta.

Finalmente, agradezco a vosotros ex compañeros de clases y colegas, a mis amigos de otras carreras de esta misma universidad cuyos logros también me motivaron. Estoy seguro de mantener el orgullo de ser egresado de esta institución.



I. INTRODUCCION

Esta tesis monográfica se presenta para obtener el grado de licenciado en Historia con mención en Arqueología. La tesis ha sido desarrollada bajo los planteamientos teóricos de la llamada Arqueología Virtual, cuya aplicación permitió la virtualización de algunas manifestaciones del patrimonio arqueológico de Nicaragua y la presentación de estos resultados de investigación en esta tesis monográfica afianzando con ello el uso de estas técnicas.

Para ello este estudio tiene como propósito general, valorar el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para la conservación y difusión del patrimonio arqueológico nacional desde el enfoque de la Arqueología Virtual.

Para alcanzar ese objetivo general se propusieron los siguientes objetivos específicos:

- Aplicar la fotogrametría de corto alcance para la documentación virtual de contextos arqueológicos y en una muestra de objetos cerámicos de la colección arqueológica del CADI.
- Producir videos que permitan una visita virtual a partir de los modelos fotogramétricos obtenidos.
- Aplicar los conocimientos en diseño 3D para crear reconstrucciones virtuales.
- Utilizar las plataformas de visualización online como medio de conservación y difusión digital.

Las TIC son de gran interés en el campo profesional, especialmente el que está orientado a la educación permitiendo una mejor captación del conocimiento de parte de las personas que lo aprenden; estas tecnologías han sido adaptadas para cada



uno de los campos profesionales y de sus objetivos, siendo parte metodológica en la difusión del conocimiento para las instituciones orientadas a este fin.

En el área de arqueología las TIC han sido aplicadas en las presentaciones y exposiciones de proyectos, en la transmisión de conocimientos en talleres de concientización a través de videos o presentaciones de imágenes que les permitan a las personas apropiarse de la información para que sean transmisores de conocimientos a terceros. También se ha aplicado en la difusión del patrimonio arqueológico en general; en los museos se han usado estas herramientas, especialmente en aquellos que poseen su propia página web, permitiendo a las personas previamente tener una imagen general de sus colecciones, de esta manera el uso de los avances tecnológicos de la informática está siendo incluidos en proyectos arqueológicos cada vez más hasta convertirse en una necesidad en el desarrollo de las investigaciones.

El avance de las tecnologías informáticas trae consigo nuevas tendencias metodológicas, rompiendo de esta manera con los esquemas monótonos de investigación y difusión, por tal razón esta tesis se enfoca en los planteamientos de la Arqueología Virtual para desarrollar el uso de esas tecnologías informáticas, especialmente las orientadas a la virtualización y aplicación para la documentación, conservación, reconstrucción y difusión del patrimonio arqueológico nicaragüense.

Desde esta perspectiva, el uso de las TIC dentro del ámbito nacional a pesar de que es una gran herramienta metodológica para la interpretación de contextos arqueológicos no ha tenido ningún desarrollo en lo referido a la virtualización.

Se presentan algunos ejercicios desde la Arqueología Virtual¹, basados en iniciativas desarrolladas por investigadores y museólogos de algunos países de

¹ Es la disciplina científica que tiene por objetivo la investigación y el desarrollo de formas de aplicación de la visualización asistida por ordenador a la gestión integral del patrimonio arqueológico (Grande A & Menchero V, 2006).



Europa y de América, relacionadas a la aplicación de algunas técnicas metodológicas.

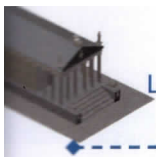
La Arqueología Virtual toma auge en España en la década de los 90 del siglo pasado y, recientemente fueron aplicadas estas tecnologías para la documentación Arqueológica en Nicaragua. Por tanto, el desarrollo en el uso de estas herramientas informáticas dentro de la arqueología nacional, será una gran contribución para el país cuyos resultados inmediatos es la conservación de los contextos y bienes arqueológicos digitalizados como legado para las futuras generaciones.

Fueron utilizadas principalmente dos técnicas metodológicas: la fotogrametría² de corto alcance aplicada en la documentación y el diseño 3D para reconstrucción virtual y animación de los datos obtenidos.

Cabe resaltar que mediante la aplicación de la fotogrametría de corto alcance el arqueólogo está en capacidad de corroborar datos obtenidos en campo durante el trabajo de gabinete. Su aplicación en las excavaciones arqueológicas proporcionará un modelo en 3D del contexto y/o hallazgo, accesible desde cualquier ordenador a través del software correspondiente que le permita observar la distribución espacial de los hallazgos en las unidades estratigráficas identificadas.

También es de gran utilidad durante las prospecciones arqueológicas en la cual los arqueólogos enfrentan situaciones difíciles para la documentación de sitios, por ejemplo, donde existen paredones con arte rupestre, sitios que por su ubicación estratégica son de difícil acceso, o bien por la brevedad del tiempo y las condiciones hostiles del entorno siendo esa una única oportunidad para documentarlo. Por eso no debe limitarse su uso a los ejemplos que se muestran en esta tesis.

² Es una disciplina que crea modelos en 3D a partir de imágenes 2D, para de esta manera obtener características geométricas de los objetos que representan (Juaregui L, s.f)

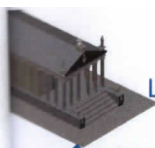


Por otra parte, con la utilización del diseño en 3D se realizan reconstrucciones hipotéticas creadas mediante la interpretación de los datos obtenidos insitu, permitiendo conocer los detalles de la funcionalidad y distribución de los espacios a los que corresponde el contexto arqueológico.

De esta manera, durante el desarrollo hasta la culminación de este trabajo de grado se plantearon las siguientes hipótesis:

- La virtualización del patrimonio arqueológico garantizará la conservación digital de los restos materiales y contextos arqueológicos ante su deterioro o destrucción por agentes naturales y antrópicos. Estos son una amenaza constante tanto para el patrimonio arqueológico como histórico por lo que se han desarrollado propuestas teóricas orientadas a la preservación de estos bienes patrimoniales desde la Arqueología Virtual.
- El uso de las técnicas de virtualización en la documentación arqueológica permitirá al arqueólogo corroborar datos en trabajo de gabinete una vez terminado el trabajo de campo. Su aplicación en las excavaciones arqueológicas proporcionará un modelo en 3D del proceso y/o hallazgo, accesible desde cualquier ordenador a través del software correspondiente para observar la distribución espacial de los hallazgos y las características de las unidades estratigráficas identificadas
- Finalmente, mediante el uso de páginas de internet para visualizar videos y objetos ó contextos patrimoniales en 3D se obtiene una buena difusión, fluida y de libre acceso a todo público.

Cabe señalar que este tipo de herramientas actualmente tienen gran aceptación y auge en el campo de la investigación arqueológica en Europa y algunos países de América latina, contrario en el ámbito nacional, debido a que aún no se han



orientado especialistas en esta materia de la virtualización que contribuyan a los estudios de los contextos arqueológicos.

Siendo el objeto de estudio de la arqueología las sociedades humanas pasadas, esta se auxilia del análisis de los restos materiales (muebles o inmuebles) que ellas mismas generaron en su devenir histórico, siendo posible determinar, por medio de esa materialidad, el tipo de contexto, los avances tecnológicos y la organización social de esa comunidad en estudio, esto obliga a que estas investigaciones sean realizadas por arqueólogos debido a que son ellos los que mejor conocen y aplican los métodos más adecuados para la obtención de los datos mediante la documentación del registro arqueológico para su debida interpretación.

Sin embargo, ante la problemática de constantes amenazas de destrucción al patrimonio arqueológico hace necesario que los métodos convencionales de investigación de la arqueología (la prospección y la excavación), se acompañe de técnicas especializadas para la obtención del registro arqueológico; en el caso de las excavaciones resulta de gran importancia la aplicación y desarrollo de distintas herramientas que permitan llevar una documentación sistematizada del comportamiento de dicho registro; esto se debe a que en cierta forma, el arqueólogo altera el comportamiento espacial de los objetos en su búsqueda para corroborar hipótesis e interpretar las evidencias culturales presentes en ese registro. He aquí que en la destrucción de los contextos arqueológicos no solo actúan los agentes naturales como las bioturbaciones y los movimientos sísmicos, sino también, el impacto antrópico ya sea por el desarrollo de actividades económicas como la agricultura, ganadería, minería, construcciones de infraestructuras, urbanizadoras, vandalismo de los sitios o bien por el desarrollo mismo de investigaciones científicas arqueológicas, geológicas, hidráulicas, etc.

Como consecuencia de lo antes expuesto en la actualidad la arqueología como ciencia ha venido incluyendo dentro de sus técnicas convencionales de documentación herramientas informáticas relacionadas a la virtualización. Esto ha



posibilitado que lo observado en campo pueda visualizarse en trabajo de gabinete como una manera de volver a ese registro que ya ha sido alterado y cubierto de nuevo. Es decir, se cuenta con la posibilidad de visualizar el comportamiento espacial del registro arqueológico, ya sea de cada estrato geológico identificado o de cada área excavada, permitiendo también la posibilidad de una reconstrucción virtual del contexto arqueológico estudiado a partir de las hipótesis planteadas.

En este trabajo monográfico se aplicaron dos técnicas de virtualización en procesos de investigación arqueológica dentro del ámbito nacional, lo que ha permitido conocer qué tan útil y necesario son para futuras investigaciones y qué tanto contribuye esto para una difusión abierta y accesible a cualquier persona.

Aunque el uso de estas tecnologías informáticas en la arqueología nacional ha estado rezagado en cuanto a la visualización en 3D y reconstrucción virtual, bien es cierto que desde la universidad actualmente se aplican herramientas informáticas en la investigación arqueológica para dibujos, diseños, tratamientos de imágenes, difusión etc., también es cierto que es el momento oportuno para dar el salto hacia el uso de nuevas herramientas tecnológicas para la virtualización en 3D, siguiendo el ejemplo de otros países que han incluido la conservación virtual y la reconstrucción hipotética de su patrimonio arqueológico y que hasta ahora no se han aplicado en el país. Esto conlleva que sea de gran importancia y necesidad desarrollar los conocimientos relacionados a la arqueología virtual en Nicaragua ante la amenaza permanente de la destrucción de nuestro patrimonio arqueológico su aplicación contribuirá principalmente en la conservación y difusión.

Una oportunidad importante de su aplicación fue en los estudios arqueológicos de Pre construcción del Canal Interoceánico de Nicaragua en el sector de Brito -Rivas, ya que garantizó la conservación digital de los contextos arqueológicos excavados que potencialmente están amenazados por la construcción de las obras de gran envergadura y la naturaleza misma.



A partir de este momento en nuestro país se comienza poner en práctica metodologías y herramientas de virtualización aplicadas en investigaciones arqueológicas, actividades que en otros países llevan varios años desarrollándose, siendo un comienzo su aplicación al patrimonio nacional mediante la realización de esta tesis monográfica, la cual se ha estructurado de la siguiente manera: una introducción que contiene los objetivos, justificación, hipótesis de este trabajo y tres principales capítulos.

El primero aborda algunos precedentes de casos donde se han aplicado este tipo de herramientas y también se aborda la parte legislativa, las distintas herramientas legales que posee el estado y los investigadores para la conservación y difusión de los bienes culturales, a la vez también una valoración de aspectos de necesarios cambios para una gestión y protección al patrimonio arqueológico de Nicaragua ante la amenaza constante del medio por agentes internos y externos

Capítulo 1 Precedentes y aspectos jurídicos

El segundo capítulo plantea el marco teórico metodológico que sustenta hasta la fecha a esta especialidad de arqueología virtual, se muestran ejemplos de casos donde la investigación arqueológica tradicional va conjunta a la virtualización aplicando las distintas herramientas conocidas en la actualidad, así también se aborda la base y principios que rigen este tipo de trabajos y la metodología que se aplicó en el desarrollo de esta tesis.

Un último capítulo referido a los resultados obtenidos mediante la aplicación de las herramientas de virtualización en investigación y documentación propiamente en proyectos vinculados con el trabajo de campo en Nicaragua

Finalmente se presentan las conclusiones, bibliografía y anexos.



CAPITULO I

Precedentes y aspectos jurídicos



1.1 Antecedentes

La cámara fotográfica es el equipo imprescindible para un levantamiento fotogramétrico, ambas acciones están ligadas a los avances tecnológicos, según José Sánchez (2006), en su artículo titulado “Introducción a la Fotogrametría”, el surgimiento de esta herramienta se relaciona con los procesos evolutivos en que se desarrolló la fotografía. Desde su aparición en 1839 ésta ha pasado por un proceso de perfeccionamiento y su uso ha sido de importancia en campos profesionales y especializados como la realización de planos topográficos y fotografías aéreas, las primeras tomadas en 1855 desde globos aerostáticos.

Fue en 1859 que el alemán Meydenbauer realizaría levantamientos de edificios utilizando las intersecciones de fotografías denominando a esta técnica fotogrametría, conocida también como fotogrametría terrestre. Más adelante con el surgimiento de la aviación surge la fotografía aérea con la ejecución de los primeros vuelos fotográficos en 1909, y como consecuencia se dio impulso a la fotogrametría aérea, la que permitió levantamientos topográficos de áreas más extensas. Inicialmente no se contaban con datos de posición ni orientación de cámara al momento del disparo, fueron los aportes de Otto Von Gruber (1924) los que superaron esta limitación y dieron paso al desarrollo de la fotogrametría analógica. En esta última, los procesos de orientación se realizaban mediante métodos ópticos y mecánicos (ibidem, 2006).

Ya para 1960 con el desarrollo de los ordenadores se inicia la fotogrametría analítica donde los procesos de orientación se hacen mediante un ordenador o computadora; un poco más tarde con la aparición de los primeros equipos digitales en los 90 y el desarrollo de los ordenadores en capacidad de almacenamiento y de procesamiento de datos permitió el desarrollo de la fotogrametría digital (ibidem, 2006)



Este desarrollo de la informática no solo influyó en el avance de la fotogrametría al poder crear ahora modelos en tres dimensiones, sino también en el surgimiento de nuevas herramientas de trabajo en los distintos campos profesionales y aunque el uso actual de la fotogrametría sigue ligado a la cartografía, otras ciencias han adoptado esta técnica como un recurso metodológico, tal es el caso de la Arqueología. Orientada esta ciencia en la línea de investigación denominada “Arqueología virtual”, utiliza los avances de la informática para representar y reconstruir virtualmente los contextos arqueológicos.

Se conoce que en 1885 se dio el primer registro fotogramétrico en investigaciones arqueológicas en las ruinas de Persépolis, Irán. Fue a raíz del planteamiento de la Arqueología Virtual que se desarrollaron trabajos experimentales sistemáticos incluyendo la fotogrametría, cuyos primeros modelos resultaron bastante sencillos (no se apreciaba la textura que caracterizara los objetos), y se fueron extendiendo en otras zonas como Egipto donde se crearon modelos de pirámides como las de Saqqara. (Jauregui L., s.f)

Paul Reilly, (1989) es considerado pionero en la reconstrucción virtual con su trabajo titulado “Towards a virtual archaeology”, en el que consideró que a través de estas herramientas pueden hacerse visualizaciones exploratorias permitiendo al investigador desplazarse por los datos en busca de los elementos que conforman el registro arqueológico (imagen 4).

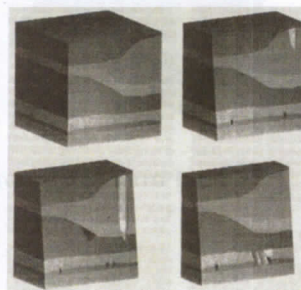


Imagen 4. Modelo en 3D representativo de una excavación. Fuente: Towards a virtual archaeology

Este planteamiento estaba enfocado hacia el registro de los datos y carecía de una base conceptual que permitiera el uso de la misma como herramienta de interpretación, pero fue un antecedente para el desarrollo y aplicación de las tecnologías informáticas al patrimonio cultural con llevando al surgimiento de una nueva rama de la arqueología.



España fue uno de los países que incorporó tempranamente el uso de estas tecnologías al patrimonio cultural, cuya base teórica práctica y la vasta experiencia desarrollada con la creación de varios centros orientados al modelado virtual ha sido considerado como el país pionero de esta línea de investigación (Gómez y Qirosa, 2015). Además, ha sido uno de los países donde el uso de la fotogrametría en las investigaciones arqueológicas ha tenido gran desarrollo, siendo en la actualidad parte de las técnicas metodológicas aplicadas en la documentación de excavaciones, tal es el caso de las investigaciones que se llevan a cabo en Alhambra, Ciudad Real donde se documentaron varias estructuras constructivas y se aplicaron los métodos de documentación y reconstrucción de la arqueología virtual (Aparicio P. 2016). A como se muestra en la imagen #5 la reconstrucción de un edificio partiendo de la documentación fotogramétrica.

Restos hallados
durante la campaña
de 2015



Zona desconocida. A excavar
durante la campaña de 2016

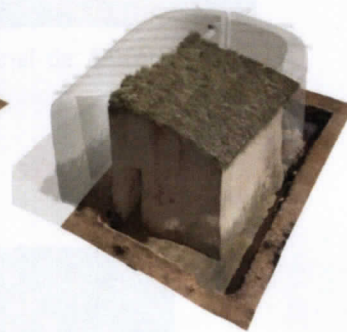
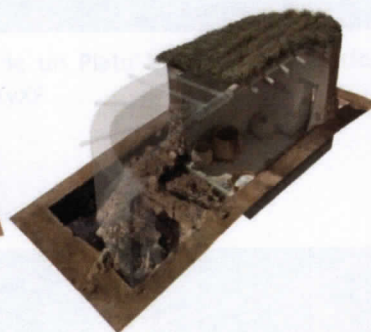


Imagen 5. Hipótesis de reconstrucción virtual de un edificio de la edad del bronce del cerro Bilanero, Ciudad Real-España. Fuente: www.parpatrimonio.com

En el continente americano la aplicación de la fotogrametría para el registro del patrimonio Arqueológico se da por primera vez en 1990, con la documentación de la pirámide de Adivino en Yucatán – México, elaborada por un equipo dirigido por Lawrence G. Desmond cuya finalidad era evaluar la fotogrametría como una técnica para documentar importantes recursos del patrimonio cultural (Lawrence G, 1991).

Actualmente en México, esta técnica ha venido implementándose en distintos campos de la arqueología, por ejemplo, en la investigación de campo (las excavaciones) y en los museos, como una forma de conservar y difundir el registro



arqueológico en la primera y las colecciones digitalizadas en la segunda (Imagen 6). Una de las recientes documentaciones fotogramétricas en México han sido las realizadas en Zacatecas, en el proyecto arqueológico La Quemada (Imagen 7), donde se ha estado llevando un registro del contexto y de la variedad de objetos que van apareciendo durante la excavación (Martínez J, 2014).



Imagen 6. Exposición virtual de un Plato Maya. Museo Nacional de Antropología. México. Fuente: www.skfb.ly/KyXP



Imagen 7. Modelo fotogramétrico de un sondeo en el que se descubrieron unos escalones. Zacatecas, México. Fuente: parpatrimonioytecnologia.wordpress.com

En Martinica, Antillas Menores, se han reportado trabajos de documentación realizados con el arte rupestre (Imagen 8). Para 1970 se registraron cinco rocas de tipo andesita con grabados rupestres en el



Imagen 8. Modelo fotogramétrico de una roca con petroglifos, Martinica.
Fuente: Sebastián PERROT-MINNOT 2015

bosque de Montravail en Santa Lucía; en mayo de 2015, miembros de EVEHA³ tomaron series de fotos para la realización de fotogrametría en el registro de estos petroglifos. Con el fin de examinar cuidadosamente las rocas grabadas y su entorno, determinando el grado de deterioro en comparación con estudios anteriores (Perrot-Minnot S, et al, 2015).

En el sur de América, desde 1997 con el surgimiento del proyecto Nasca-Palpa, se ha hecho uso de la fotogrametría aérea para la documentación de geoglifos distribuidos en un área extensa y de difícil acceso en el desierto peruano. Esta técnica ha permitido identificar 1500 geoglifos sobre el terreno y tener un modelo virtual 3D. Este proyecto surgió con el propósito de documentar las llamadas líneas de Nasca para su conservación, ya que se encuentran amenazadas por el intemperismo y la destrucción de los terrenos. (Reindel M, et al, 2007).

En la región centroamericana, destaca Guatemala con la aplicación de la fotogrametría al patrimonio arqueológico; en 2009 fue documentado el parque arqueológico Iximché dentro del marco del desarrollo de capacitaciones sobre el uso y empleo de esta técnica. Sobre el monumento documentado, refirieron

³ Empresa francesa de estudios arqueológicos.



Samayoa & Loch (2010), que: “la estructura correspondía a una pirámide escalonada, aislada con un templo en la parte superior (ya desaparecido), conocido como el Edificio 2 de la plaza A”. También en Honduras se cuenta con la aplicación de estas tecnologías de virtualización al patrimonio cultural tangible, actualmente el Instituto de arqueología alemán está trabajando en una reconstrucción digital de las Ruinas de Copan.

Hablar de arqueología virtual y la aplicación de sus técnicas de documentación en Nicaragua es un tema novedoso a pesar que en la región centroamericana ya se aplica esta herramienta desde el 2009.

Se puede referir como uno de los primeros trabajos de este tipo en Nicaragua, el realizado en 2014 en el sitio Finca Bahía Verde #2, dentro del proyecto de investigación y conservación del patrimonio cultural del municipio El Tuma-La Dalia, dirigido por Daniel Viljo Uosukainen de Archatypes International Research (AIR) en conjunto con el CADI-UNAN-Managua. En esta ocasión se realizó un

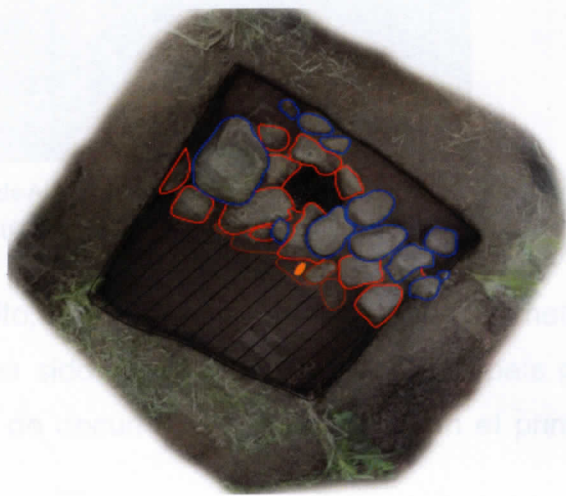


Imagen 9. Tuma – La Dalia, excavación Vista de planta a partir de fotogrametría. Fuente: Fabián Ledo

sondeo en la parte baja de uno de los montículos que conforman el sitio, encontrándose un muro de piedras con un hoyo de poste (Imagen 9); a este hallazgo el arqueólogo español, Fabián Ledo Fernández, también de AIR, le aplicó fotogrametría y lo reprodujo en 3D. (Lechado L, 2016. Comunicación personal).

Recientemente, el antropólogo Justin Lowry del departamento de sociología y antropología de la universidad George Mason en Fairfax - Estados Unidos, presentó ante la Dirección de Patrimonio Histórico Municipal de la Alcaldía de Managua, una propuesta para el Museo Sitio Huellas de Acahualinca enfocada en la conservación

de las mismas utilizando la impresión 3D para reproducir los modelos fotogramétricos hechos por él a las huellas. (Lowry J, 2016); propuesta enfocada mayormente a la conservación y difusión patrimonial (Imagen 10).

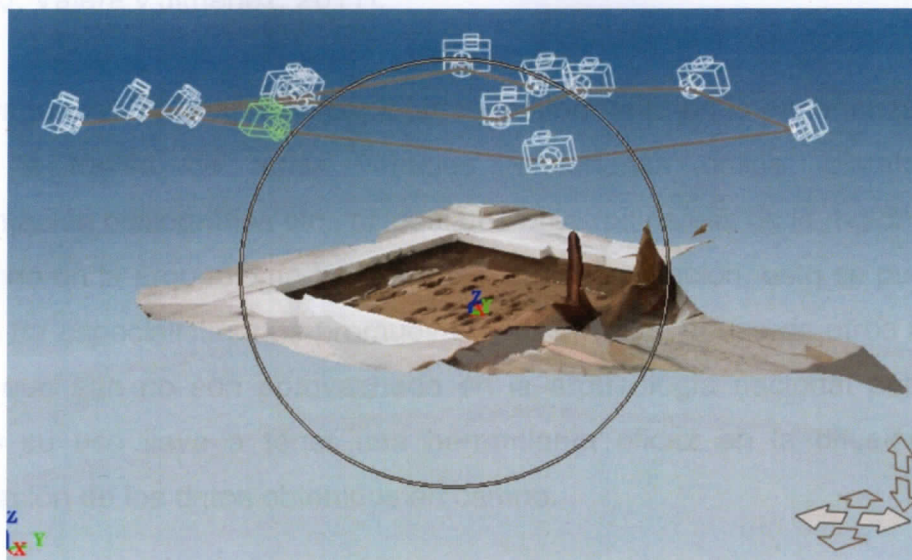


Imagen 10. Documentación 3D huellas de Acahualinca a partir de la fotogrametría de corto alcance. Fuente: Justin Lowry (comunicación personal. 2016)

A como se ha demostrado en este escrito, hasta la fecha ha sido la fotogrametría de corto alcance la que su aplicación ha sido introducida lentamente al país por investigadores extranjeros como medio de documentación científica en el primer caso, y experimental en el segundo.

El resultado de lo que hasta ahora se conoce como arqueología virtual fue dependiendo de los avances de la informática y a la vez de las tecnologías de la información y comunicación. Con el surgimiento de la internet en 1969 y su utilización en los centros académicos conllevó al desarrollo de las TIC ya que el internet como herramienta fue una oportunidad de difusión mundial para propagar información en colaboración e interacción entre las personas y sus ordenadores sin importar su ubicación geográfica, en 1990 hubo una revolución social a nivel mundial con la expansión del internet y el surgimiento de la Red Informática mundial. Desde entonces el surgimiento tecnológico de las TIC, su impacto en las actividades desarrolladas en la economía y educación ha permitido el surgimiento de estrategias



innovadoras que han influido en el avance y resultados positivos en dichos campos, ejemplo en la educación, actualmente se implementa la enseñanza a través de medios visuales e internet como una vía eficaz en la difusión de conocimientos. (Medrano, Valera y Jiménez, 2011).

En Nicaragua las TIC han sido explotadas mayormente en la enseñanza técnica y superior a través de aulas virtuales, enseñanza online, plataformas de documentación bibliográfica etc., al igual que en otros países de la región. Como ya se ha dicho en la arqueología ha sido poco su incorporación, esto se puede deber a la falta de especialistas que promuevan y desarrollen el uso de otros medios de difusión que aún no son aprovechado en la arqueología nacional pero que sin embargo su uso lleva a tener una herramienta eficaz en la difusión y en la interpretación de los datos obtenidos en campo.

1.2 Marco Jurídico de Nicaragua para el Patrimonio Arqueológico.

Actualmente, existen varias acepciones sobre patrimonio, ya sea natural, jurídico, cultural, éste va a depender del área profesional donde se aplique. Para este estudio se refiere al patrimonio arqueológico, el que se entiende como todos aquellos elementos materiales que pertenecieron a una sociedad pasada y que su estudio es de gran interés para ampliar la historia y contribuir al fortalecimiento de identidades.

Este marco jurídico clasificó el patrimonio del país en distintos tipos y definió las reglas que como estado aplica para su protección y control. Según la ley de protección al patrimonio cultural de la nación (Decreto No. 1142) en su artículo uno plantea:

Integra el patrimonio cultural de la nación todos aquellos bienes, paleontológicos pertenecientes a organismos fosilizados, arqueológicos, referido a todas aquellas manifestaciones materiales de una sociedad pasada, histórico, artístico y conjunto



urbanos y rurales que el estado considere de interés cultural de la nación (Consejo de Estado de la República de Nicaragua, 1982).

La arqueología en su estudio del pasado humano abarca entre otros aspectos lo relacionado al avance tecnológico de estas sociedades en la elaboración y modificación de instrumentos para su subsistencia, espacios y modificaciones del terreno para el desarrollo de distintas actividades sociales con o sin estructuras, domésticos o religioso, todos indicadores para determinar el grado de complejidad y desarrollo de un grupo del pasado.

En afán por conservar estos elementos tanto para el estudio investigativo como para el deleite de futuras generaciones se han desarrollado congresos y simposios donde los investigadores presentan sus proyectos y propuestas relacionadas al tema. Estos estudios están regidos por un marco jurídico internacional y nacional, que su aplicación varía en dependencia del país y sus necesidades ya que los principios y estatutos internacionales como ICOMOS se orientan más a la conservación en sitios icónicos con monumentalidad arquitectónica.

Por otra parte se habla de patrimonio cultural de una manera amplia y general sin delimitar la parte arqueológica y como debe ser tratada, tal es el caso de la convención de la UNESCO realizada en 1972 orientada a la protección del patrimonio mundial cultural y natural la cual considera patrimonio cultural a los monumentos como pinturas, estructuras de carácter arqueológico, entre otras manifestaciones artísticas del hombre, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista histórico, orientando a los estados formantes procurar dentro de lo posible la protección del patrimonio cultural y natural, así mismo desarrollar el estudio y la investigación científica perfeccionando los métodos de intervención que ayuden a preservar dichos patrimonios (Instituto Nacional de Cultura de Perú [INCP] 2007).



Esta problemática de conservar el patrimonio cultural también ha sido tema a debatir en la región americana la cual por medio de una convención del Organismo de Estados Americanos (OEA) celebrada en 1976 en Santiago de Chile se adoptaron una serie de compromisos relacionados a la protección y control sobre el tráfico ilícito de los bienes culturales, que incluye explícitamente el material arqueológico y el afán de todos los países de la región por unificar esfuerzos por su protección. (INCP, 2007), aunque quedan algunos aspectos que no se plantearon como la creación de fondos para el rescate y conservación del patrimonio en peligro de destrucción o la creación de alguna comisión que acompañe a los estados miembros en sus reclamos ante países europeos en posesión de algún vestigio o evidencia patrimonial de valor histórico.

En 1980 Nicaragua comienza a crear un cuerpo jurídico que permitiera actuar en pro de conservar del patrimonio cultural de la nación incluyendo los bienes históricos, naturales y arqueológicos.

1.2.1 Ley de Protección al Patrimonio Cultural de la Nación DECRETO No. 1142

Es en lo referente a su protección que el instituto nicaragüense de cultura (INC) se basa en este decreto para ejecutar acciones en pro de resguardar o rescatar los bienes patrimoniales, esta institución puede exigir a una obra civil que impacte un sitio arqueológico la realización de un estudio previo para mitigar el daño o la pérdida de un sitio con evidencias arqueológicas, según el artículo 9 de este decreto:

Cuando un organismo estatal o una persona natural o jurídica, nacional o extranjero, desarrollen proyectos de cualquier índole, en inmuebles, conjuntos urbanos o rurales y zonas arqueológicas o paleontológicas que estén comprendidas en esta Ley, deberán destinar el porcentaje que señale la Dirección de Patrimonio, que oscilará entre el 1 y el 10% del presupuesto total de las obras a realizarse, para el

rescate, conservación o restauración, según el caso, de los bienes del Patrimonio Cultural que fueren afectados por la ejecución de las obras, depositando ese porcentaje a nombre del Fisco (Ibídem, 1982).

Sin embargo, son pocas las veces que se aplica este acápite debido que no existe un conocimiento específico de la distribución espacial del patrimonio arqueológico en los municipios de todo el país y tampoco hay una exigencia de parte de los gobiernos departamentales y municipales para brindar la autorización de los permisos de construcción exigir un previo estudio de impacto cultural donde se harán las obras de excavación o remoción de tierra.

Por medio de una comunicación conjunta entre alcaldías y el instituto de cultura se puede aplicar lo dictaminado en el capítulo cuatro de dicho decreto cuyo artículo 32 señala: "se prohíbe la realización de trabajos materiales de exploración por excavación, remoción o por cualquier otro medio en zonas arqueológicas o paleontológicas, aun cuando se afectaren en terrenos de propiedad privada; solo podrán ser efectuado por la dirección general del patrimonio cultural o con su autorización (ibídem, 1982), además sería más práctico demandar para los rescates arqueológicos un presupuesto acorde a la obra a realizarse y no mediante cifras que muchas veces no concuerdan con la realidad y necesidades requeridas, para ello es necesario un consenso entre los profesionales de la arqueología para tratar que aspectos de este decreto deberían actualizarse ya que desde su creación y su única reforma hecha en 1983 ha dejado en este decreto aspectos que requieren ser actualizados con el fin mejorarla en las debilidades que se identifican al respecto, para que de esta manera el estado tenga una mejor manera de intervenir y velar por el buen manejo y protección del patrimonio cultural en esta época contemporánea y así mismo brindar a los arqueólogos nacionales que trabajan independientemente iniciativas favorables y de mayor oportunidad para que ejerzan proyectos de investigación aportando de esta manera nuevos conocimientos al pasado humano



de la sociedad nicaragüense y al fortalecimiento de identidades tanto nacional como municipal.

Para el fortalecimiento de un decreto reformado también será necesario un vínculo principalmente de la dirección de patrimonio nacional con las alcaldías municipales e instituciones ajenas a dicha entidad estatal, por medio de la cual puedan desarrollarse anualmente talleres de concientización e informar del patrimonio que posee determinado municipio para que de esta manera puedan crearse estrategias conjuntas para su protección y así mismo el desarrollo de investigaciones que a la vez conlleven al impulso de una economía auto sostenible mediante la difusión del patrimonio cultural especialmente el arqueológico.

1.2.2 Reglamentación para Investigaciones Arqueológicas DECRETO No. 10-2006.

Este documento regula las actuaciones sobre sitios arqueológicos ya que el estudio al patrimonio arqueológico de Nicaragua no siempre se conoce por trabajos de rescates donde el estado tenga que intervenir el desarrollo de una obra civil horizontal o vertical que este en ejecución. Ante el interés por parte de investigadores extranjeros y nacionales en desarrollar investigaciones que ayuden a conocer una sociedad del pasado o la creación de museos, el estado también ha creado este marco jurídico para el desarrollo de estas investigaciones por medio del cual se garantice la debida intervención a determinados espacios con evidencias del pasado ya que también pueden ser parte del impacto o posible destrucción del patrimonio arqueológico del país.

Este decreto se refiere directamente al protocolo y reglamentación para desarrollar estudios al patrimonio arqueológico el cual se ha clasificado en: área arqueológica, yacimiento arqueológico, sitio arqueológico y bienes culturales específicos. Las investigaciones están comprendidas en tres modalidades de estudio, según lo



planteado en el artículo #5 son: Proyectos de Investigaciones arqueológicas, Proyectos de estudios de impacto cultural arqueológico, Proyectos de rescate arqueológico (Presidencia de la república de Nicaragua, 2006).

Se plantea que los “proyectos de investigación arqueológica” son aquellos que están dirigidos con una finalidad científica, con objetivos que aporten nuevos datos sobre la historia y desarrollo social de las comunidades donde se intervienen, estos pueden ser orientados al reconocimiento superficial (prospección arqueológica) mediante los medios y métodos conocidos para conocer el potencial arqueológico de una zona, así mismo la variedad y características de estos para desarrollar proyectos que conlleven excavaciones arqueológicas de carácter investigativo o de rescate, así también la intervención de un profesional en pro de conservar o restaurar un bien del patrimonio arqueológico, gestión y difusión de los mismos ya sea en museos o parques arqueológicos (ibídem, 2006).

Las ejecuciones de obras de construcción son las que principalmente destruyen el patrimonio arqueológico, estas puede abarcar desde pequeñas a extensas áreas, es por ello la necesidad de exigir desde las municipalidades que dentro de los requisitos y normas que se presentan para la aprobación de una construcción se incluya también la valoración de impacto a bienes arqueológicos para que de esta manera se procediere a la recuperación de los restos materiales y en caso de identificar un contexto arqueológico con elementos importantes para la historia del país proceder a su conservación con ayuda de los medios y métodos conocidos dentro del campo arqueológico, con relación a esto, según el artículo siete de este decreto los estudios de impacto arqueológico comprenden los siguientes tipos : Evaluación o inspección del sitio afectado por las obras, Estudio de impacto cultural (Ibídem, 2006).

Con la realización de estos estudios previos se aminoraría la necesidad de realizar los proyectos de rescate arqueológico donde la eventual destrucción de los datos hace que la intervención sea más orientada a la extracción de la materialidad que a una investigación donde se lograría identificar variedad de elementos que ayuden a una interpretación más acertada y científica del sitio intervenido, algo que no permite el rescate arqueológico, además incorporando las nuevas tecnologías informáticas en la investigación ayudara a ir desarrollando en el país especialistas con más experiencia en el campo de la arqueología virtual.



CAPITULO II

Aspectos teóricos metodológicos de la Arqueología Virtual.



2.1 Cuerpo teórico fundamentos de la arqueología virtual.

La arqueología como ciencia social está basada en un cuerpo teórico que sustenta la cientificidad de los resultados obtenidos en las investigaciones así mismo la arqueología virtual, “constituye una disciplina científica asociada a la gestión integral del patrimonio arqueológico que posee un lenguaje y unas técnicas que le son propias (Bendicho & Grande, 2010) por tanto se presenta la referencia teórica en cuanto al uso de los términos que están relacionados a esta línea de investigación.

Antes se aclara que los arqueólogos, al desarrollar cualquier estudio o investigación en un área determinada, inician su trabajo con una exploración previa para determinar el comportamiento de la evidencia arqueológica en el área objeto de estudio. Utiliza dos grandes métodos: la prospección y la excavación, ambas de diversos tipos y que son aplicables acorde a lo que se busca.

La prospección arqueológica es el reconocimiento superficial, total o parcial, de un área de estudio concreta para conocer, cuántos sitios se encuentran en ella, su distribución espacial y las características o particularidades que presentan los sitios; he aquí que la prospección sea generalmente, el primer paso para desarrollar los estudios de una sociedad pasada. La prospección es un método convencional de la arqueología enfocado en la búsqueda de restos materiales en la superficie terrestre o elementos en el paisaje que sean indicadores de la actividad humana.

El otro método es la excavación arqueológica siendo el único método para la comprobación de la veracidad de los datos obtenidos en las prospecciones. A pesar de su carácter destructivo, mantiene su protagonismo en los trabajos de campo siendo de gran importancia llevar un registro exhaustivo del desarrollo de la investigación. (Renfrew & Bahn, 1997). Por esta razón es importante que sea el arqueólogo el único que desarrolle estas actividades por tener los conocimientos teóricos, las aptitudes y habilidades pertinentes para buscar, identificar, documentar e interpretar todos y cada uno de los elementos que conforman el registro



arqueológico y su comportamiento. Este proceso no es solo buscar y sacar objetos, sino que se trata de observar la relación espacial de los elementos que le acompañan. El modelo teórico propuesto por Michael Schiffer, (1972), considera que el Registro Arqueológico lo conforma toda evidencia material dejada por sociedades pasadas hasta antes de la intervención del arqueólogo. Cuando es encontrado y estudiado para su interpretación se toman en cuenta los elementos de formación de sitios.

El método de excavación se realiza en dependencia de las consideraciones del investigador y del presupuesto disponible; la extensión en área es uno de los métodos más exhaustivo para conocer el registro arqueológico, ya que permite identificar los cambios en los niveles estratigráficos con evidencia natural y cultural; lo que implica conocer interrelaciones entre los estratos y sus relaciones contextuales. Este método resulta ser lento y costoso. En contra posición al método anterior, el método de niveles arbitrarios permite el avance más rápido de la excavación, pero con riesgo de pasar por alto elementos importantes como la relación del objeto con el entorno. Este suele implementar catas o trincheras de diversas dimensiones y se excava por niveles a profundidades medidas a consideración de arqueólogo generalmente se aplican entre 10 a 20 cm.

Según Renfrew & Bahn (1997), un yacimiento arqueológico, es la integración y distribución espacial de estructuras y deformación del paisaje natural en el que se identifica la actividad humana pasada. Para la interpretación de estos se hace énfasis en el análisis de los contextos arqueológicos y de los niveles estratigráficos identificados en la excavación; siendo el contexto arqueológico la relación que tienen los objetos identificados entre sí y los elementos que le rodean. Todo ello observado en los estratos que pueden ser de origen natural o cultural, la mayoría de veces se hallan alterados por agentes de la naturaleza como raíces de árboles, madrigueras e impacto de los fenómenos naturales o bio turbaciones.



La conservación de los bienes recuperados in situ y del contexto excavado es también una preocupación de los arqueólogos, ya que tan importante es la interpretación de los datos como la preservación de los espacios de actividad humana que se logran identificar.

Por tanto, la conservación posee una diversidad de técnicas para aminorar el deterioro de los bienes patrimoniales, cuya finalidad es el deleite y estudio para las futuras generaciones, siendo éste un elemento importante a desarrollar en el país.

He aquí que la importancia de una de las herramientas de documentación de la arqueología virtual como es la fotogrametría de corto alcance la cual aporta a una conservación de elementos culturales digitalmente según Bonneval H. (1972) referida por José Sánchez (2006), es la técnica cuyo objeto es estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera, utilizando esencialmente medidas hechas sobre una o varias fotografías de ese objeto. Esta técnica utilizada conjuntamente con un programa de computadora puede crear modelos en tres dimensiones para su visualización y edición.

Según la Asamblea General de ICOMOS de 1993 (citado por el Instituto Nacional de Cultura de Perú [INCP], 2007) “El propósito de la conservación es prolongar la vida del patrimonio cultural y, en caso posible, para aclarar los mensajes artísticos y culturales en ella sin alterar la autenticidad y significado”. Esta tarea también se enfoca generalmente en la difusión ya que por medio de la divulgación del patrimonio cultural desarrollaría el interés a las personas ajenas al estudio arqueológico dándole un mayor valor no solo científico sino también de identidad de una población comunitaria o nacional.

Es importante resaltar que los avances tecnológicos han llevado al desarrollo de nuevas herramientas para una difusión más interactiva que permite la captación de la información por parte de un público, he aquí que el uso de las TIC en proyectos



de arqueología social es de gran importancia al momento de concientizar y mostrar resultados, según Mendoza Milachay Martínez, Cano-Villalba y Gras-Martí (2004) define las TIC como: “un cúmulo impreciso de herramientas digitales, de recursos, de opciones, de programas, etc., que encuentran su vehículo de acceso o su entorno de trabajo en un ordenador o computadora”. Siendo este último un equipo imprescindible en la ejecución de cualquier tipo de trabajo investigativo remarca lo unido que está la arqueología con las TIC.

Y siguiendo el interés por la conservación del patrimonio arqueológico, a partir de las iniciativas de distintos profesionales de aplicar estas herramientas en sus labores, dio paso para que surgiera lo que hoy se conoce como arqueología virtual: “disciplina científica que tiene por objeto la investigación y el desarrollo de formas de aplicación de la visualización asistida por ordenador a la gestión integral del patrimonio arqueológico” (Bendicho & Grande, 2010).

El uso de este tipo de tecnología le ha permitido a la arqueología virtual trabajar en conjunto con la arqueología tradicional desarrollando investigaciones, no como un remplazo de las técnicas y métodos conocidos más bien como un enriquecimiento de conocimientos. “Debe de ser entendida como complementaria, no como sustitutiva, de otros instrumentos de gestión más clásicos, pero igualmente eficaces (ibidem, 2010). Se destaca la importancia de la arqueología virtual para visualizar los mundos y entornos de sociedades humanas ya desaparecidas, a partir de los datos e interpretaciones que aporta la actividad arqueológica (Marín, T.1999).

Mediante esos datos e interpretaciones se crean la hipótesis virtual (imagen 11) la cual es la recreación de estructuras, edificios y contextos a partir de cómo se cree que fue y no de cómo se conserva al momento que interviene el arqueólogo (Bendicho & Grande, 2010).



Así mismo esta es aplicable a objetos materiales recuperados y analizados en el trabajo de laboratorio. Otro de los aspectos que se aborda es la restauración y reconstrucción virtual, siendo la primera, el reordenamiento de los restos materiales existentes a partir de un modelo virtual para su recuperación visual a como se halla actualmente (Anastilosis), y la segunda, como medio para recuperar visualmente la construcción u objeto fabricado por el ser humano tal y como fue en su momento de esplendor (Ibidem, 2010). (Imagen 12).

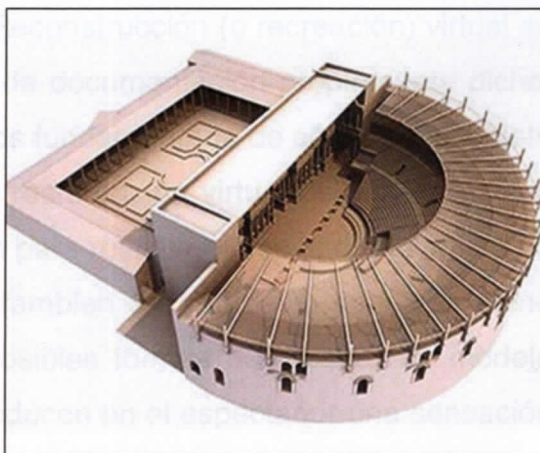


Imagen 11. Reconstrucción 3D Teatro Romano de Merida. Fuente: www.diegobravo.com



Imagen 12. Proceso de reconstrucción virtual basado en la restauración virtual de una pieza cerámica del Cerro Bilanero, España. Fuente: www.parpatrimonio.com

Todos estos trabajos se realizan desde un ordenador con los programas y técnicas orientadas a tales fines sea documentación fotogramétrica o reconstrucción mediante diseño 3D son parte de los trabajos y resultados relacionados a la arqueología virtual, sin embargo, no son los únicos métodos donde se encierra esta especialidad, según Pablo Serrano Basterra⁴ (comunicación personal 10 de Enero 2017): ... “la documentación fotogramétrica es uno de los tipos de documentación 3D sin contacto de entre las posibles. Existen otras técnicas como escáner láser,

⁴ Especialista en arqueología virtual y docente de la Universidad de Burgos – España.



luz estructurada, así mismo plantea que la Reconstrucción (o recreación) virtual es un conjunto de técnicas interpretativas, no de documentación propiamente dicha, cuyo resultado es una hipótesis más o menos fundamentada de cómo fue el objeto recreado en un momento determinado y la restauración virtual es una aplicación determinada de esas técnicas de recreación para restituir el aspecto original de un objeto dañado, a parte de estas técnicas también se aborda lo conocido como Realidad Virtual que es sólo una de las posibles formas de mostrar un modelo tridimensional mediante dispositivos que producen en el espectador una sensación inmersiva”.

Esta última es una de las herramientas que ha venido incorporándose en algunos museos, tal es el ejemplo de el asentamiento romano de San Cibrán de los Orenses⁵ en los que usan medios visuales 3D para informar a los visitantes los resultados de una reconstrucción virtual conocido como salas de museo vacío, sin embargo, el costo es mucho más alto en comparación con otros medios que también siguen tales fines como son las plataformas en internet que nos permitan compartir trabajos de reconstrucción virtual, siendo también parte de los medios que se usan en distintos trabajos de divulgación tales como Sketchfab y Youtube, este último también permite ingresar videos con panorámicas 360° permitiendo una visita virtual más interactiva.

2.2 Herramientas informáticas en la investigación. Tendencia de la Arqueología virtual.

Se ha mencionado el avance de las tecnologías informáticas y de cómo estas se han aprovechado para desarrollar nuevas técnicas de trabajos en distintas ciencias a partir de iniciativas tomadas por distintos investigadores, trabajos como el de Paul Reilly que marcó el inicio de lo que sería una línea de investigación que hoy en día se conoce como Arqueología Virtual, la cual está en constante desarrollo y ganando

⁵ Se aborda más ampliamente en la página 45.



espacio en las investigaciones arqueológicas, esto sucede por la veracidad científica de los trabajos de este tipo, sean documentación, recreación o reconstrucción virtual son resultados de la intervención e interpretación de los arqueólogos e investigadores a fines.

En este acápite se mencionan de forma general algunos de los trabajos orientados a esta línea y así conocer otras ventajas y aplicaciones de la arqueología virtual que es muy conocida por sus reconstrucciones de edificios en 3D; sin embargo, esta especialidad no está limitada únicamente a este aspecto.

Aunque el avance metodológico y técnico con el uso de softwares puede despertar gran escepticismo en el campo arqueológico, ha venido surgiendo una generación de investigadores que por medio de sus trabajos impulsan este campo a través del desarrollo de proyectos y el uso de técnicas de virtualización, uno de los eventos donde se discute y presentan investigaciones en este campo es el congreso internacional Arqueología 2.0 desarrollado anualmente por la sociedad española de arqueología virtual desde el 2009, lo que permite que esta disciplina este fortaleciéndose en experiencia y métodos aplicables al patrimonio cultural tangible para su investigación y difusión, por ello la importancia que esta especialidad tenga espacio en proyectos de investigación arqueológica como el caso donde se tenga que documentar y preservar datos relevantes en la historia de un país en peligro de ser destruido “esa información, es la que no puede perderse de ningún modo y es la que debe llegar al público para que este conozca y valore sus propios orígenes. Por tanto, es esencial recoger esa documentación y convertirla en datos comprensibles, en objetos digitales comunicativos fácilmente accesible para el nuevo público espectador del siglo XXI” (Gómez L, et al, 2009).

Es por ello que hoy en día ha venido aplicándose este tipo de herramientas para divulgar investigaciones e inclusive exposiciones de los museos, este último ha introducido un nuevo medio para la educación, conservación y difusión de sus bienes como son las “visitas virtuales” o también conocidos como “museos



virtuales” (imagen 13), este es un claro ejemplo de utilización de la fotogrametría de corto alcance en conjunto con las plataformas online y visores 3D para el acceso a la información y colecciones de un museo desde cualquier ordenador con conexión a internet, Gómez José (2011) indica que “materias que se han expresado tradicionalmente con el lenguaje escrito pasan a expresarse ahora con el lenguaje de la imagen gracias a que en este momento disponemos de los medios para esto”. He aquí la función e importancia que ejerce el uso de las tecnologías de la información y comunicación en un contexto donde la interactividad entre individuos es más fluida y de fácil acceso mediante un receptor de la información. Según Gómez, Quirosa y Fernández (2009), “Cada una de las visitas virtuales 3D permite descubrir, con un grado de realismo importante, gran cantidad de detalles y secretos, no siempre accesibles al gran público” ante un mundo globalizado es factible aprovechar estos medios para educar y concientizar una gran masa de población sobre la importancia y riqueza cultural de una nación, a la vez permite también que otros investigadores conozcan elementos materiales de un contexto o museo arqueológico que le sirva para generar alguna comparación o deleite de los mismos.

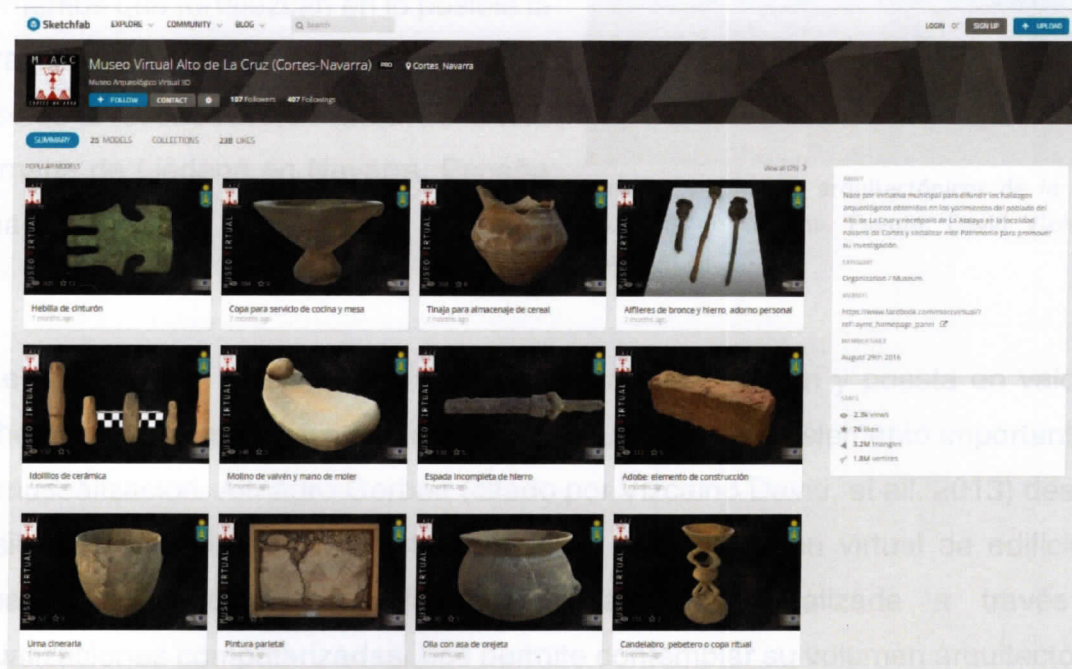


Imagen 13. Exposición del Museo virtual Alto de la Cruz a través de un visor 3D. Fuente: www.sketchfab.com



En cuanto al diseño 3D y su uso en las reconstrucciones virtuales de antiguos edificios, tema por el cual es más conocida esta especialidad, ha permitido también no solo conocer una antigua estructura tal y como fue en el pasado si no a la vez corroborar las hipótesis e interpretaciones planteadas a partir de un boceto digital en cierta forma tangible, cuyo caso contrario sería en un imaginario más difícil de plantear y de entender por parte de los investigadores involucrados, “lo que se sostiene en una descripción, en un croquis o hasta en una sección detallada puede venirse abajo cuando esa hipótesis toma la tercera dimensión y debe ser construida, aunque sea de forma virtual, esa toma de contacto con la construcción real permite a menudo descartar posibilidades que en un diseño bidimensional eran perfectamente aptas” (ibidem., 2009).

Aunque para ello se tiene que recurrir a fuentes históricas, estudios comparativos, análisis del contexto geográfico, fuente de materias primas, y todos aquellos elementos que fortalezcan en lo posible la veracidad histórica tal y como ha sido el caso de la reconstrucción virtual de la villa Romana de Liédena en Navarra, España (Imagen 14)



Imagen 14. Restos arquitectónicos de la villa Romana de Liedena. Fuente: David Vizcaino León, et all.

Este proyecto de investigación se orientó a la preservación y puesta en valor de dicho patrimonio a través de la recreación virtual siendo un elemento importante en su musealización. Almagro Gorbea (citado por Vizcaino David, et all. 2013) destaca la siguiente premisa: “... en este sentido, la reconstrucción virtual de edificios o espacios arquitectónicos profundamente alterados, realizada a través de visualizaciones computarizadas, nos permite contemplar su volumen arquitectónico a la vez que aspectos tan importantes como el color y la textura de los materiales,



los efectos de la luz, el ajuar y mobiliario... Y todo ello sin que su realización afecte físicamente a los bienes originales”.

Como resultados de este proyecto se obtuvo una representación similar de la edificación que existió entre los siglos I y II dC en un primer momento de ocupación y en el siglo IV d. C de un segundo momento (Ibidem, 2013), los datos históricos de bibliografías y de los elementos documentados en el trabajo de campo permitieron en este caso llevar la interpretación a una imagen comprensible a todo público (Imagen 15 y 16) siendo esta la aplicación más común de la arqueología virtual, la reconstrucción del patrimonio cultural tangible.

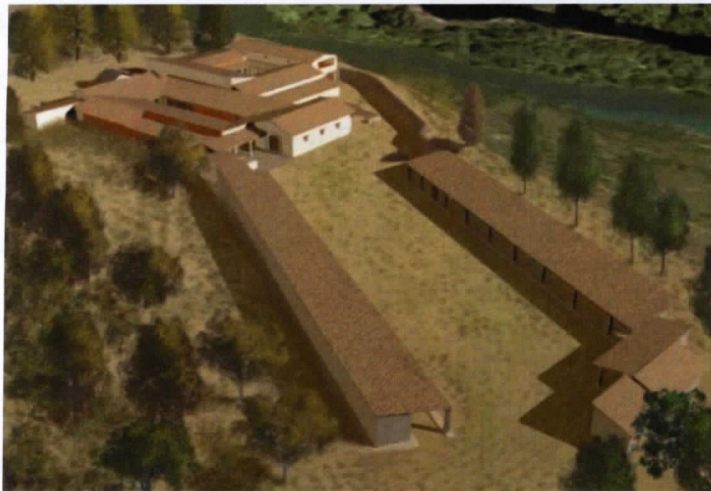


Imagen 15. Reconstrucción virtual 3D del conjunto de la Villa Romana. Fuente: David Vizcaíno et all.



Imagen 16. Recreación 3D de la arquitectura. Fuente: Vizcaíno et all.



Algunas recreaciones virtuales también son basadas por medio de la documentación 3D, ya sea fotogrametría aérea o de corto alcance así mismo también el uso del Scanner 3D, ambas herramientas permiten un levantamiento del registro arqueológico sin contacto con este, en comparación con la fotogrametría el Scanner representa mejores resultados y precisión y tiempo, tal ejemplo de su uso fue la documentación de la Necrópolis de Lomo Gordo en Gran Canaria – España, cuya aplicación permitió una base de datos digital de los entierros a partir de modelos en 3D (Imagen 17 y 18) en caso que el deterioro por agentes internos influya a perder datos físicos aún existentes. Según Rodríguez Ernesto (2010) “el escáner láser 3D se brinda como una tecnología excepcional para resolver la documentación del proyecto que nos ocupa. Es una herramienta de gran potencia además por su precisión, por la rapidez en la captura de los datos. Por otra parte, es absolutamente inocua al no existir contacto alguno con el objeto de estudio”.



Imagen 17. Documentación con escáner Faro LS Photon. Fuente: Rodríguez Ernesto

Sin embargo, los costos de estos equipos son elevados quedando la fotogrametría de corto alcance una de las opciones más usadas en casos de documentación de contextos se refiere, de la cual también se obtienen buenos resultados siempre y cuando se tomen en cuenta los factores que inciden negativamente y aminorar sus efectos en los resultados.

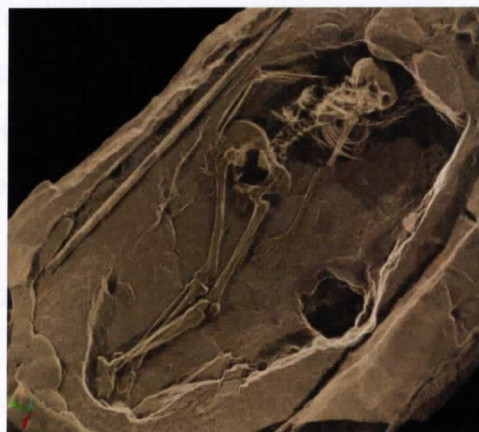


Imagen 18. Representación de una fosa. Fuente: Rodríguez Ernesto



Con respecto a la realidad virtual, esta ha venido revolucionando una nueva forma de difundir los resultados de reconstrucción y recreación virtual, un claro ejemplo de su aplicación ha sido el asentamiento prerromano de San Cibrán de las Orense (Imagen 19), cuyo resultados fueron presentados en un museo vacío, el cual consiste en crear salas que como su palabra



Imagen 19. Estructuras del asentamiento prerromano de San Cibrán. Fuente: Hernandez Luis.

lo dice se encuentran vacías de tal manera que el visitante pueda desplazarse libremente por el espacio observando a través de un dispositivo de visualización el entorno de un contexto histórico reconstruido virtualmente (Imagen 20).

“El Museo Vacío es un sistema de realidad virtual inmersivo y transitable, que se constituye como una potente herramienta para el estudio e interpretación integral del patrimonio histórico no solo en lo referente al aspecto arquitectónico sino en la relación que establece el usuario con la cultura y los personajes de una determinada época histórica” (Hernández L, et al., 2006), este tipo de trabajos se desarrollan partiendo de



Imagen 20. Lentes de realidad virtual Oculus Rift.

la reconstrucción en 3D conllevando la recreación virtual donde el usuario o visitante puede conocer más de cerca la vida doméstica, arquitectura, materialidad y ambiente de una sociedad pasada permitiéndole una mayor comprensión de un contexto arqueológico o histórico que ya este destruido o cubierto (imagen 21), es por ello que el desarrollo de este tipo de trabajos de arqueología virtual generalmente implica la participación de un equipo interdisciplinario cuyo debates e interpretaciones permiten tener un resultado más acertado a la realidad del contexto histórico permitiendo tenerle como una fuente de información científica.



Cabe señalar que al desarrollar investigaciones orientadas a este tema de la virtualización del patrimonio deben seguirse los principios internacionales sobre reconstrucción virtual que permitirá que la información presentada sea fidedigna.



Imagen 21. Representación gráfica del uso de la realidad virtual al asentamiento prerromano de San Cibrán de las Orensas. Fuente: www.videalab.udc.e

2.3 Principios Internacionales para la virtualización del patrimonio Arqueológico.

El desarrollo en el uso de programas para computadoras en la arqueología ha sido un elemento que ha venido poco a poco abriendo camino en las investigaciones de campo y de gabinete permitiendo tener más herramientas para la documentación e interpretación, tal ha sido el caso de los medios que se aplican actualmente para virtualizar el patrimonio cultural que ha venido incorporándose en las investigaciones de la ciencia arqueológica, sin embargo, a pesar de tener un carácter positivo también puede actuar negativamente, ya que una imagen es más fácil de retener en la memoria que un texto, la desinformación que se exponga a través de este medio sería un grave error en la educación y conocimiento que se persigue transmitir en la difusión, por ello todo trabajo relacionado con virtualización



del patrimonio debe de seguir los principios internacionales planteados, con estos criterios no se pretenden imponer objetivos o métodos específicos pero si buscar como establecer una serie de principios generales para su uso en investigaciones y divulgación del patrimonio cultural (Grande A & Menchero V, 2006).

Actualmente existen dos cartas internacionales sobre la virtualización del patrimonio la carta de Londres fue la primera en crearse por medio de un simposio celebrado en el 2006 en la Academia Británica, de la cual se desprenden una serie de principios orientados a aplicarse al patrimonio cultural de manera general, de esta carta se destaca el principio 8.2 el que dice “es necesario tomar en consideración el papel que la visualización 3D puede asumir en el incremento del acceso al patrimonio cultural al que muchas veces no es posible acceder por motivos de salud, seguridad, minusvalía, económicos, políticos o medio ambientales (*ibidem*, 2006), posteriormente surge otra llamada Carta de Sevilla o también conocida como los Principios de Sevilla, su liberación se dio en el 2010 a través de la Sociedad Española de arqueología virtual, esta ha retomado y añadido planteamientos de la carta de Londres pero orientado específicamente al campo del patrimonio arqueológico siendo esta última aplicable a la arqueología virtual.

Esta carta compuesta por ocho principios es base para la ejecución de cualquier trabajo relacionado a la virtualización del patrimonio arqueológico, de forma general, uno de estos principios a los que se deben es la Interdisciplinariedad “cualquier proyecto que implique la utilización de nuevas tecnologías ligada con la visualización asistida por ordenador en el campo del patrimonio arqueológico, ya sea para investigar, conservación o difusión, debe estar avalado por un equipo de profesionales procedentes de distintas ramas del saber” (Bendicho & Grande, 2010).



En cuanto a Complementariedad la arqueología virtual no busca como sustituir métodos y técnicas convencionales ni pasar a un segundo plano la materialidad física, “pese a todo, las visualizaciones asistidas por ordenador podrán tener un carácter sustitutivo cuando los restos arqueológicos originales hayan sido destruido, se encuentran en lugares de difícil acceso o corran riesgo de deterioro ante la visita masiva de turistas (Ibidem, 2010).

La Autenticidad en las reconstrucciones o restauraciones virtuales se deben mostrar de forma explícita o mediante interpretación adicional en base a que se sustenta la restauración o reconstrucción (Ibidem, 2010), así mismo lo relacionado a la Rigurosidad Histórica según la cual “ para lograr unos niveles de rigurosidad y veracidad histórica óptimos cualquier forma de visualización asistida por ordenador del pasado debe estar sustentada en una sólida investigación y documentación histórica y arqueológica (Ibidem, 2010), en cuanto a este aspecto según Gómez José (2011) la capacidad que tenga el investigador de relacionar las reconstrucciones 3D con la parte histórica permitirá que estos trabajos no queden como simples diseños gráficos ajenos al rigor que la ciencia exige.

En Eficiencia “Cualquier proyecto que implique la utilización de la visualización asistida por ordenador en el campo del patrimonio arqueológico debe evaluar previamente cuáles serán las necesidades de mantenimiento económico y tecnológico que generará una vez se instale y ponga en funcionamiento” (Ibidem, 2010), con respecto a la Transparencia científica “Toda visualización asistida por ordenador debe de ser esencialmente transparente, es decir, contrastable por otros investigadores o profesionales, ya que la validez, y por lo tanto el alcance, de las conclusiones producidas por dicha visualización dependerá en gran medida de la capacidad de otros para confirmar o refutar los resultados obtenidos” (Ibidem, 2010).



Finalmente se plantea lo relacionado a la Formación Y Evaluación que según este principio en uno de sus incisos, “La calidad final de cualquier visualización asistida por ordenador deberá medirse en función de la rigurosidad con la que haya sido elaborada y no de la vistosidad de sus resultados (Ibidem, 2010).

Aunque explícitamente se menciona en estos documentos que estos principios no son unos estatutos obligatorios, como ética profesional y objetividad que caracteriza a la ciencia arqueológica los profesionales en este campo de arqueología virtual tienen como base de sus trabajos estos principios, además al presentarse estos en congresos internacionales son evaluados igualmente por estas cartas.

2.4 Contextualización. El uso de estas técnicas de la arqueología virtual al patrimonio nicaragüense.

Como parte metodológica, se aplicó fotogrametría de corto alcance para la documentación en un sitio arqueológico en Matiguas municipio de Matagalpa y en Brito municipio del departamento de Rivas, en este último se utilizó el diseño 3D para reconstrucción digital del patrimonio arqueológico. Para ello se utilizaron herramientas informáticas como Aghisoft Photo scan, Autodesk Remake y Blender, los que permitieron llegar a los objetivos planteados.

Cabe señalar que la documentación de estos sitios se da principalmente por medio de la participación en los proyectos de investigación que se desarrollan desde el centro arqueológico de documentación e investigación (CADI) de la UNAN - Managua.

Para la documentación en 3D se aplicó el uso de la fotogrametría de corto alcance en investigaciones de campo y laboratorio; su aplicación en trabajo de campo ha consistido en el levantamiento fotográfico de contextos arqueológicos (Brito y



Matiguas) mediante la toma de secuencias fotográficas de manera cenital y de detalles de interés como perfiles estratigráficos, áreas de desechos, hoyos de postes, mampostería, concentraciones de cerámica etc. Cabe resaltar que para la obtención de unos resultados óptimos se debe de planear previamente una estrategia de captura de las imágenes que va a depender del tipo de contexto y condiciones ambientales para su posterior procesamiento mediante softwares como Agisoft photo scan que permiten el análisis de las fotografías y la creación de un modelo en 3D.

En su aplicación se ha utilizado dos programas, uno de estos es el Agisoft PhotoScan Professional Edition V. 1.3.0⁶ adquirido con una licencia de prueba, por medio del cual se ha llevado el procesamiento de las imágenes utilizando las distintas herramientas que posee el programa, permitiendo obtener un modelo en 3D correspondiente a las imágenes fotográficas obtenidas, dicho programa permite tener unos resultados con calidad baja, media o alta en dependencia de la capacidad en hardware del computador con que se trabaje y el uso que se le dará al modelo 3D creado, cuyo resultado se obtiene una representación virtual del contexto excavado y de algún bien patrimonial, a la vez permite apreciar detalles que generalmente no son perceptible al momento que se desarrolla una investigación como el caso de documentar rocas con petrograbados que por la iluminación o erosión de los mismos pueden pasarse por alto el identificar algunos motivos.

El otro programa es el Autodesk Remake⁷ también adquirido con licencia de prueba, el cual permite de igual manera la creación de un modelo fotogramétrico en 3D, el procesamiento de los datos lo hace a través de una nube informática de forma automática por medio de conexión a internet siendo muy fácil su manejo y de utilidad para la documentación de contextos arqueológicos donde cuyo fin esté orientado en conocer la distribución espacial de los elementos y donde la calidad de los

⁶ Ver Imagen A-1 en Anexos

⁷ Ver Imagen A-2 en Anexos.



detalles no sean una prioridad como sería el caso de la creación de modelos en 3D de vasijas completas donde la calidad de detalles es primordial. Además, se utilizó de forma complementaria y alternativa el programa Adobe Ilustrador CS5⁸ para realización de dibujos digitales.

Para el levantamiento fotogramétrico en la captura de fotos de un contexto arqueológico el equipo que se utiliza es lo básico en una investigación de este tipo, como es una computadora y una cámara fotográfica, en este trabajo se utilizó una cámara Nikon D3100 con un lente focal de 10 – 55 mm y una computadora portátil marca TOSHIBA con un procesador Core i3 de 1.70 GHZ y memoria física de 8GB, una escalera metálica, esta permitió el levantamiento fotográfico a una altura aproximada de 3 mt para que el lente de la cámara abarcara más área del contexto (Imagen 1), dependiendo de la estrategia de



Imagen 1. Levantamiento fotogramétrico del sitio # 9. Brito- Rivas.
Fuente: CADI-UNAN. 2016

documentación fotogramétrica puede utilizarse escalas de 1 ó 2 mt (jalones) dentro del área a documentar o poner puntos de referencia a una distancia determinada que permita tener una escala espacial del contexto.

Para la documentación de un bien patrimonial mueble, por ejemplo una vasija doméstica o ceremonial se ocupa de igual manera la cámara fotográfica, un trípode para cámara, un cubo de luz, focos de iluminación Led y base giratoria. En tal caso la metodología para el levantamiento fotográfico cambia, la cámara se fija al trípode enfocando el objeto y este último se deposita en una base giratoria para su

⁸ Ver imagen A-3 en anexos



desplazamiento en distintos ángulos para su posterior procesamiento con algunos de los programas orientados a la creación de modelos fotogramétricos.

En la reconstrucción virtual del patrimonio la metodología empleada ha sido el diseño 3D con el uso de Blender orientado a este fin, se realiza la recreación digital de un contexto u objeto arqueológico a partir de los datos obtenidos en campo, en caso de estructuras o edificios son los dibujos a escala, fotografías del contexto, modelos fotogramétricos (en caso que exista alguno) y levantamiento CAD lo que ayudará a la reconstrucción (imagen 2), esto sin omitir las interpretaciones e hipótesis de los investigadores, fuente material y bibliográfica lo que validara a que la reconstrucción creada no se aleje del rigor histórico.

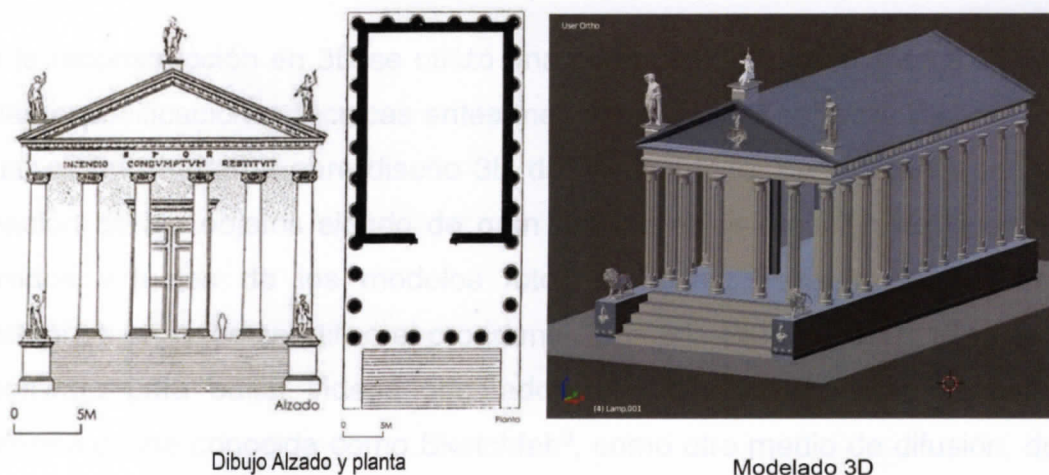


Imagen 2. Reconstrucción en 3D Templo Romano de Saturno. Reconstrucción hecha como requisito en el curso Introducción a Blender para la reconstrucción virtual del patrimonio, en la Universidad de Burgos – España.

De igual manera se puede realizar una reconstrucción de vasijas cerámicas a partir de dibujos 2D creados en trabajo de gabinete durante el análisis de las formas, principalmente se ocupan los dibujos de perfiles para darle la forma en el diseño 3D, en caso que posea detalles como las agarraderas y decoraciones deberán de tomarse también de los dibujos, por ello es importante que el dibujante deje reflejados tales atributos (Imagen 3).

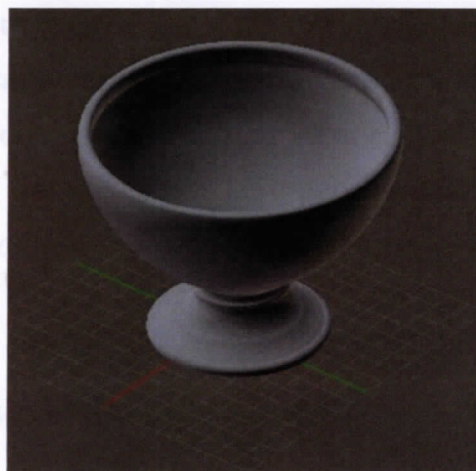
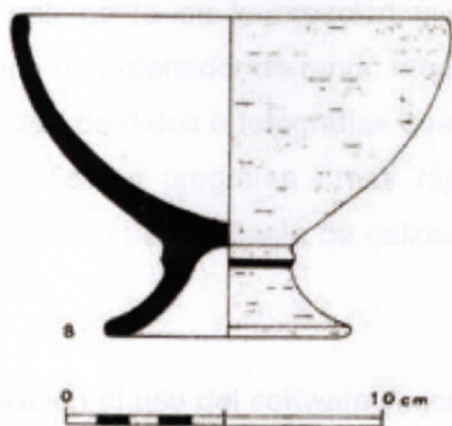


Imagen 3. Reconstrucción 3D de vasija cerámica a partir de dibujo 2D. Reconstrucción hecha como requisito en el curso Introducción a Blender para la reconstrucción virtual del patrimonio, en la Universidad de Burgos – España.

Para la reconstrucción en 3D se utilizó una computadora portátil marca TOSHIBA con las especificaciones técnicas antes mencionadas y el software Blender 2.78c, el cual es un programa para diseño 3D de licencia libre, que también permite la animación de los objetos siendo de gran utilidad en la creación de videos para recorridos virtuales de los modelos fotogramétricos. Para la edición de las animaciones o videos se utilizó el programa Camtasia Studio .v8.4.1.1745 este es un software para editar videos orientados a la difusión, también se usó una plataforma online conocida como Sketchfab⁹, como otro medio de difusión, donde fueron subidos los modelos 3D para visualizarlos desde cualquier ordenador con acceso a internet.

Para el desarrollo de los modelos fotogramétricos se ha pasado por un proceso de experimentación de esta manera los conocimientos desarrollados en el manejo de estos softwares se han obtenido de manera autodidacta lo que limita a utilizar otras herramientas de los programas que permitan obtener otros datos, - por tal manera solo se ha orientado a su aplicación en la documentación, a pesar que la licencia de prueba permite ejecutar las distintas funciones del programa por 30 días su uso se

⁹ Ver Imagen A-4 en Anexos



aplicó solamente en la creación y obtención de los modelos fotogramétricos, utilizando un ordenador de rango medio, cabe señalar que esto último depende de la cantidad de datos o fotografías que procesara el programa ya que entre menos fotos analice el programa más rápido se desarrolla la creación del modelo fotogramétrico pero a costo de calidad y detalles que pueden faltar en el modelo final.

Con relación al uso del software Autodesk Remake se está obligado a la creación de una cuenta de usuario en la página del fabricante (Autodesk) esto para obtener una licencia de uso la cual está limitado al procesamiento de 25 GB con resultados en calidad baja, a menos que se adquiriera una suscripción de pago mensual de treinta dólares o anual de treientos dólares.

Para las reconstrucciones virtuales se tuvo que llevar un curso online impartido en la Universidad de Burgos, España, a finales de noviembre del 2016 a enero de 2017 sobre reconstrucción virtual del patrimonio donde se logró adquirir los conocimientos básicos para el manejo de dicho software mediante el cual se alcanzaron los objetivos relacionado a la reconstrucción virtual.

CAPITULO III

Resultados de Virtualización arqueológica del patrimonio arqueológico de Nicaragua.

3.1 Resultados de Virtualización arqueológica del patrimonio arqueológico de Nicaragua.

Con la aplicación de este tipo de herramientas informáticas en la documentación, conservación y difusión se deja un precedente de algunos resultados que pueden lograrse y generar nuevos objetivos en el campo de investigación nacional, estas herramientas fueron aplicadas tanto en trabajo de campo como el trabajo de gabinete mediante la participación en dos proyectos de investigación donde se realizó la documentación virtual de contextos arqueológicos mediante el uso de la fotogrametría de corto alcance en Brito – Rivas y en el municipio de Matiguás en el Departamento de Matagalpa, así también fue aplicada a una muestra de vasija cerámica de la colección del CADI.

El uso de la fotogrametría de corto alcance se aplicó en el proyecto estudios de pre construcción del gran canal interoceánico de Nicaragua promovidos por el Grupo HKND y ejecutado por el centro arqueológico de documentación e investigación CADI – UNAN, basados en los resultados obtenidos durante el desarrollado de prospecciones en diciembre del 2015 en un área cerca a las costas de Brito delimitada a interés del grupo HKND donde se identificó un yacimiento arqueológico (Imagen 22) conformado por una serie de lomas y montículos con evidencias culturales indicando una posible área de explotación de recursos por sociedades pasadas “las prospecciones arqueológicas llevadas a cabo durante la I Fase de los trabajos de Pre construcción del Proyecto del GCIN en los meses de diciembre de 2015 y enero del presente año dentro del área del Cluster 2, concluyeron de la existencia de un



Imagen 22. Yacimiento arqueológico Brito. Distribución espacial de los sitios. Fuente: CADI-UNAN.

yacimiento arqueológico conformado por 17 sitios que se emplazan alrededor de un manglar formando un patrón de asentamiento en forma de herradura, siendo éste parte del sistema biótico del río Brito” (HKND-group, 2016).

3.2 Excavación del sitio # 9 del yacimiento de Brito -Rivas en abril del 2016

Las actuaciones desarrolladas por parte del equipo de investigación del CADI para el rescate de los bienes arqueológico se centraron en el sitio número nueve y numero dieciséis donde fue aprovechada la oportunidad para documentar los contextos arqueológicos por medio de un levantamiento fotogramétrico de corto alcance con el propósito de conservar de manera virtual los contextos arqueológicos; interés surgido por las particularidades que dichos contextos representa, siendo hasta la fecha un descubrimiento único en el país. Como parte del equipo de investigación que intervino en el sitio #9, este fue en el que más se aplicó la fotogrametría de corto alcance, además por sus características se expone como referencia principal de la aplicación de la fotogrametría de corto alcance no solo como un medio para documentar los contextos arqueológicos y conocer su la distribución espacial de los elementos que lo integran si no a la vez considerarlo como una herramienta mediante la cual se puedan conservar digitalmente los elementos particulares que conforman el registro arqueológico identificado en los estudios de pre construcción del gran canal interoceánico de Nicaragua.

Según el informe de Fase II de estudio arqueológico de pre-construcción del gran canal interoceánico en Brito- Rivas, el sitio #9, se localiza en al noreste de un manglar en el área de Brito cerca a la costa pacifico, este se identificó durante las prospecciones hechas por este mismo centro en diciembre del 2015, este corresponde a una loma con un área total de 2725m², y con una alta densidad de materiales arqueológicos cerámicos fragmentados y erosionados en su superficie y en sus laderas. Su deterioro principalmente es producto de diversos tipos de

bioturbaciones ya que el medio en que se encuentra es bastante hostil, con alta humedad, muchas raíces y altamente salina característica propias de un ecosistema de manglar (HKND-group, 2016). En dicho sitio se realizaron un total de cuatro sondeos (Imagen 23) excavados los sondeos 1, 2 y 4 por niveles arbitrarios extendiéndose posteriormente en dependencia del comportamiento de los niveles estratigráficos y elementos identificados durante la excavación.

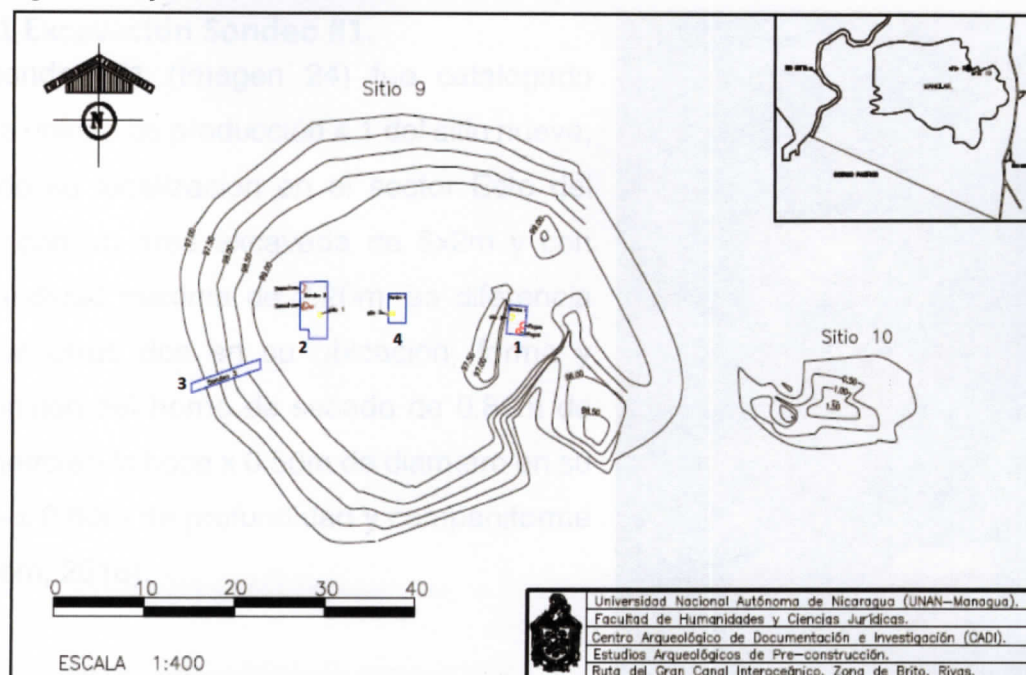


Imagen 23. Sitio #9. Distribución espacial de los sondeos realizados. Fuente: CADI- UNAN. 2016

De los sondeos uno, dos y cuatro las características generales que se identificaron en común fueron la alta densidad de material cerámico entre los primeros niveles de excavación (0 – 50 cm), áreas de combustión claramente delimitadas y principalmente la construcción de hornos.

Se clasificó este sitio como un área de producción de sal (UP) que funcionó en la época prehispánica y cuyos contextos identificados corroboraron las hipótesis planteadas principalmente por la presencia de dichos hornos. Estos hornos de secado fueron todos descubiertos a los 30cm de profundidad desde la superficie y

son estructuras construidas a nivel del suelo y ubicadas muy cerca de las áreas de combustión. Las paredes de estos hornos fueron revestidas con desechos de fragmentos cerámicos de todo tipo y formas para mantener el calor interno, ante tal evidencia se realizó un ejercicio fotogramétrico en los sondeos (ibidem, 2016).

3.2.1 Excavación Sondeo #1.

El sondeo #1 (Imagen 24) fue catalogado como unidad de producción # 1 del sitio nueve, siendo su localización en el sector Este del sitio, con un área excavada de 5x2m y con profundidad máxima de 2.20m, se diferencia de las otras dos en su ubicación, forma y dimensión del horno de secado de 0.80m de diámetro en la boca x 0.50m de diámetro en su base x 0.80m de profundidad y campaniforme (Ibidem, 2016).



Imagen 24. Excavación sitio 9 sondeo 1.
Fuente: CADI 2016

A partir de las condiciones óptimas (nubosidad, iluminación, sombras) se planificó el levantamiento fotogramétrico que consistió

en la toma de una secuencia fotográfica del contexto arqueológico desde una altura aproximada de 3 m con el uso de una escalera metálica y desde distintos ángulos, siendo procesadas 66 imágenes teniendo como resultado un modelo 3D (Imagen 24 y 25) por medio del cual se puede apreciar la distribución espacial de los elementos que conforman y caracterizan este sondeo como los fogones, horno y estratigrafía. Para tal fin se utilizó el programa Autodesk Remake, a la vez este mismo software permitió crear una animación que luego fue editada mediante la utilización del programa Camtasia Studio. Como medios para su difusión se ha

optado por la creación de un video¹⁰ que permita un recorrido virtual en dicho sondeo, además se ha utilizado la plataforma de visor 3D online de Sketchfab¹¹ donde el modelo fotogramétrico puede ser visualizado y manipulado desde cualquier ordenador con acceso a internet así mismo permite que cualquier persona pueda compartir este contenido mediante el link o dirección web a cualquier plataforma de internet como páginas, blogs, redes sociales etc. Siendo una herramienta informática de gran valor e impacto en la difusión del patrimonio accesible a todo público.

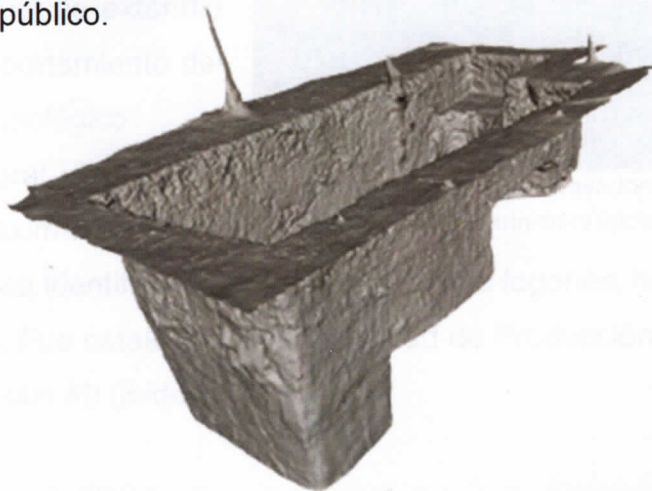


Imagen 24. Modelo fotogramétrico en 3D sólido correspondiente a la unidad de producción de sal del sondeo 1 sitio #9 - Brito. Vista frontal.



Imagen 25. Modelo fotogramétrico en 3D con textura correspondiente a la unidad de producción de sal del sondeo 1 sitio #9 - Brito Vista de planta.

¹⁰ Ver video "Sondeo 1. Sitio 9" en CD.

¹¹ Ver imagen A-5 en anexos.

3.2.2 Excavación sondeo #2.

El sondeo #2 (Imagen 26) se identificaron más elementos con relación al procesamiento de sal en la época prehispánica, este sondeo en su inicio se trazó una trinchera de 5x1m dirección norte a sur, el cual se extendió conforme al comportamiento del registro arqueológico y estratigrafía cultural identificada siendo el área máxima excavada



Imagen 26. Proceso de excavación del sondeo 2 sitio #9 - Brito. En el centro la trinchera inicial. Fuente: CADI 2016

de 25 m² en que se identificaron áreas de cocción o fogones, horno de secado y un área de desecho. Fue catalogado como Unidad de Producción # 2 dentro del taller que conforma el sitio #9 (ibidem, 2016)

De la misma manera que en el sondeo #1 se plantearon las estrategias para el levantamiento fotogramétrico de este sondeo, este por ser un área mayor se tomaron 117 fotografías con una separación aproximada de 60cm de cada disparo del lente, también se enfocaron los detalles relevantes que conforman el contexto como las áreas de combustión, el horno con paredes cerámicas y la concentración de desechos cerámicos. Procesando las fotografías con el programa Autodesk Remake se obtuvo un modelo 3D (imagen 27 y 28) que de igual forma que el sondeo uno se aprecia la distribución espacial de los elementos que conforman el contexto arqueológico, además se usaron los mismos medios para su difusión como la creación de un video¹² que permita una visita virtual al contexto arqueológico (actualmente alterado y tapado) y la plataforma Sketchfab¹³ para visualizar en 3D el modelo fotogramétrico creado.

¹² Ver Video "Sondeo 2. Sitio 9" en CD.

¹³ Ver imagen A-6 en anexos.

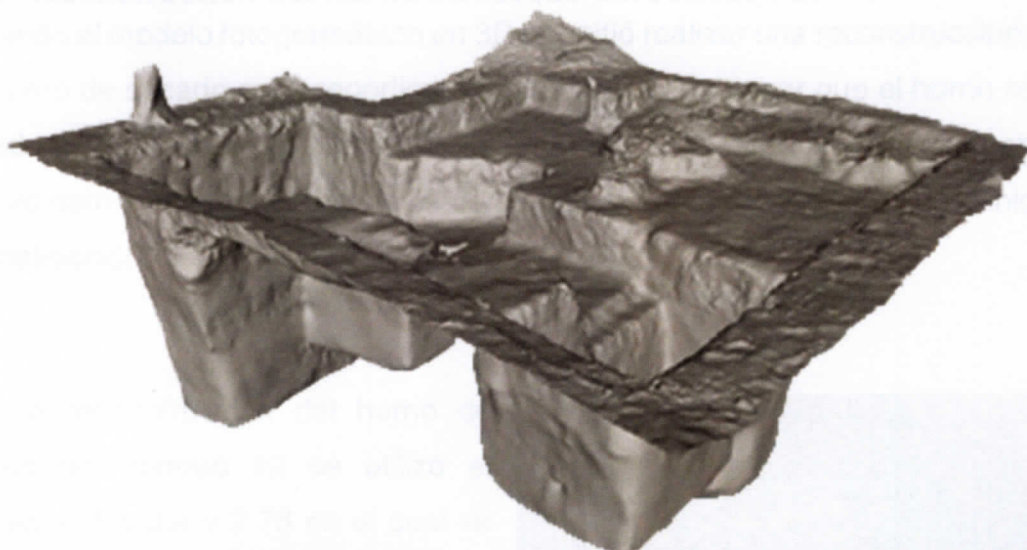


Imagen 27. Modelo fotogramétrico en 3D solido correspondiente a la unidad de producción de sal del sondeo 2 sitio #9 -Brito. Vista frontal.



Imagen 28. Modelo fotogramétrico en 3D con textura correspondiente a la unidad de producción de sal del sondeo 2 sitio #9 - Brito. Vista de planta.

3.2.3 Reconstrucción del Horno de secado del sondeo #2.

Teniendo el modelo fotogramétrico en 3D permitió realizar una reconstrucción virtual del horno de secado correspondiente a este sondeo, a pesar que el horno se halla cortado en sus paredes se logró mantener la base sin alteración alguna, partiendo de este dato se planteó la hipótesis de cómo fue antes de su alteración e iniciar su reconstrucción mediante el diseño 3D.

Para la reconstrucción del horno de secado del sondeo #2 se utilizó el programa Blender v 2.78 en el cual se usó como base el modelo fotogramétrico del Horno (Imagen 29 y 30) con el fin de tener una representación del mismo lo más cercana posible a la realidad.



Imagen 29. Modelo fotogramétrico 3D horno de secado del sondeo 2 del sitio 9 en Brito – Rivas.

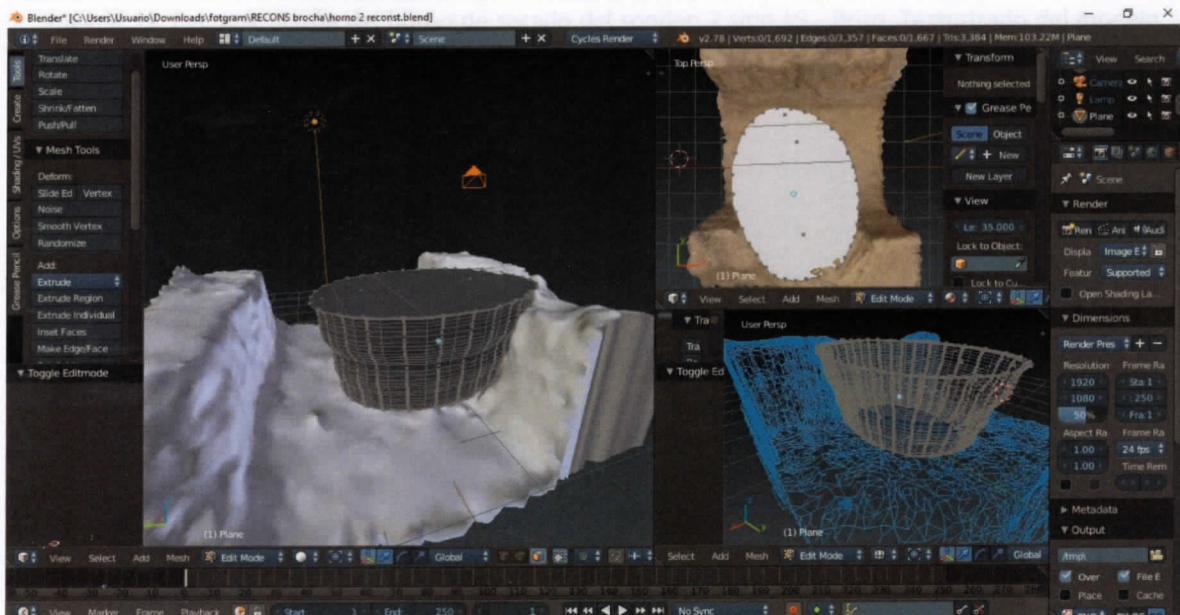


Imagen 30. Reconstrucción del horno de secado del sondeo 2. Planimetría y Modelado 3D.

Una vez realizado el modelado en 3D se prosiguió al mapeado de la textura correspondiente, esta consiste en añadir color o textura de terreno al modelo 3D (imagen 31) de tal manera que este proyecte una imagen realista durante el renderizado que sería el resultado final de dicho trabajo (Imagen 32 y 33).

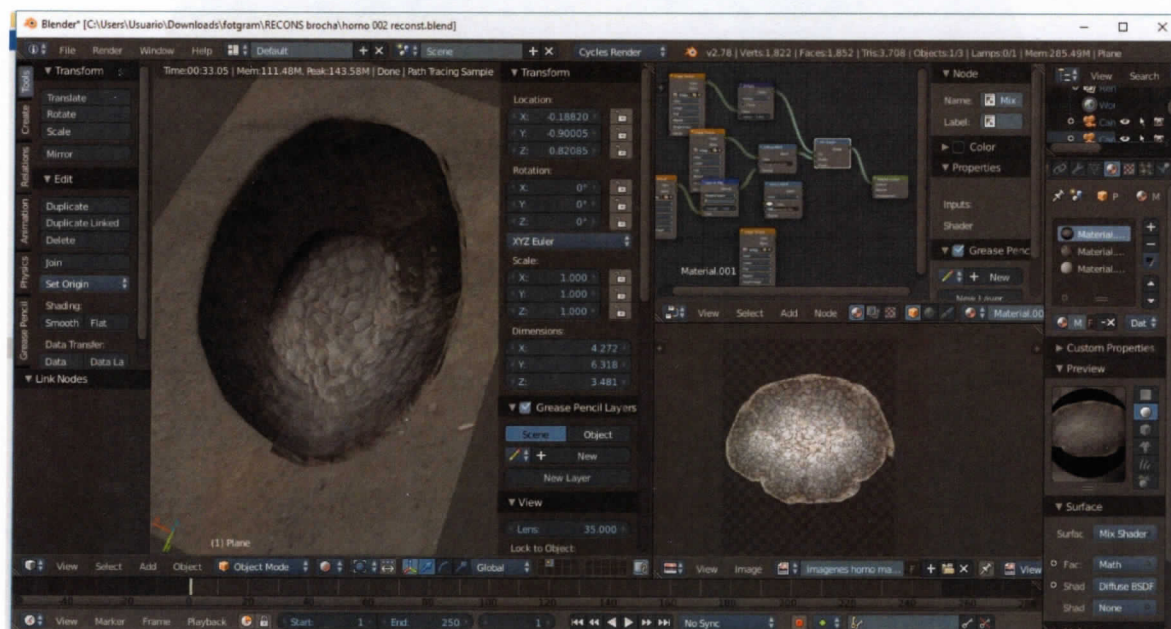


Imagen 31. Reconstrucción del horno de secado del sondeo 2 sitio #9 - Brito. Texturizado del modelo 3D.



Imagen 32. Reconstrucción virtual del horno de secado del sondeo 2 sitio #9 - Brito. Vista de planta.



Imagen 33. Reconstrucción virtual del horno de secado del sondeo 2 sitio #9 - Brito. Vista lateral.

3.2.4 Excavación sondeo #3.

El sondeo #3 correspondió a una trinchera de 8x1 (imagen 34) excavada para conocer a partir de la estratigrafía la formación del sitio “la investigación permitió definir que la loma sobre la cual se emplaza este sitio, resulto ser de tipo artificial” (Ibidem, 2016). En dicho sondeo se aplicó la fotogrametría de corto alcance, sin embargo, por lo complicado del terreno para realizar las tomas fotográficas se obtuvo un modelo 3D en calidad media en la cual no se logran apreciar todos los detalles estratigráficos que caracteriza este sondeo, otra complicación fue lo angosto del espacio que limitó la documentación de los perfiles, la mayoría de las fotografías fueron tomadas de forma cenital. Se procesaron 45 imágenes obteniendo el modelo fotogramétrico 3D (imagen 35 y 36), debido a que la calidad del



Imagen 34. Excavación sondeo 3 del sitio 9 en Brito – Rivas. Fuente: CADI

modelo no permite apreciar bien los detalles característico de este sondeo se creó solamente un video¹⁴ de visita virtual como medio de difusión.



Imagen 35. Modelo fotogramétrico sondeo 3 del sitio 9 en Brito - Rivas. Vista de perfil.



Imagen 36. Modelo fotogramétrico sondeo 3 del sitio 9 en Brito - Rivas. Vista de planta.

¹⁴ Ver Video "Sondeo 3. Sitio 9" en CD.

3.2.5 Excavación sondeo #4.

Sondeo #4. Finalmente, con respecto a este sitio se realizó un cuarto sondeo de 2x2m en el cual se identificó otro horno de secado a los 30cm de profundidad definiéndolo como área de producción # 3 según informe del CADI entregado a HKND, este se logró excavar sin provocar alteración alguna de sus elementos, siendo el horno de secado mayormente conservado (imagen 37) en comparación



Imagen 37. Documentación del horno de secado del sondeo 4 del sitio 9 en Brito – Rivas. Fuente: CADI

con los del sondeo #1y #2, a dicho horno se le realizó un levantamiento fotogramétrico como herramienta alterna de documentación in situ del cual mediante el procesamiento de 32 imágenes se obtuvo un modelo 3D (imagen 38) con los detalles característico de tal evidencia permitiendo también una conservación virtual del mismo ante alguna alteración que pudiera afectar su forma original.



Imagen 38. Modelo fotogramétrico 3D correspondiente al horno de secado del sondeo 4 del sitio 9 en Brito – Rivas. Vista de planta, modelo solido (izquierda) y texturizado (derecha).

3.2.6 Rescate del Horno del sondeo 4.

Este horno por su importancia fue rescatado para ser exhibido posteriormente a todo el público, ante esta situación se realizó la documentación fotogramétrica insitu con el propósito de comparar su estado de conservación para que una vez rescatado y trasladado sirvan estos datos para su posterior restauración.

Es destacable la documentación fotogramétrica como medio de conservación de los contextos arqueológicos, siendo este horno un ejemplo tangible en su aplicación. Al encontrarse el horno de secado del sondeo 4 sin alteración en su estructura, el grupo HKND dispuso contratar una empresa que extrajera dicho horno de su contexto para ser trasladado al Instituto nicaragüense de cultura (INC) para su futura exposición (imagen 39 y 40).



Imagen 39. Proceso de consolidación del horno de secado del sondeo 4 del sitio 9 en Brito – Rivas.
Fuente: CADI



Imagen 40. Extracción y traslado del horno de secado al INC.
Fuente: CADI



Sin embargo, durante el traslado del horno a las oficinas del INC, este sufrió alteración en su estructura se observó que parte de la base del horno se había desfondado y algunos tiestos cerámicos de las orillas se habían derrumbado por lo cual se realizó un levantamiento fotogramétrico del estado actual de dicho horno y de esta manera tener un registro por medio de cual comparar el antes y el después de su extracción (ver imagen 41), dicha documentación además permitirá tener una base referencial al momento que los restauradores planeen su reconstrucción.



Imagen 41. Comparación del corte del modelo fotogramétrico del horno de secado del sondeo 4 en su estado original (imagen superior) y después de su extracción (imagen inferior).

De este modelo fotogramétricos se ha creado un video¹⁵ orientado a visualizar el horno de secado, donde se muestra de una manera interactiva y visual cómo se hallaba in situ y como esta después de su extracción. Cabe resaltar que estos contextos arqueológicos hasta la fecha son evidencias únicas en el país que reflejan una distribución de espacios destinados a la producción de sal en la época prehispánica de los cuales han quedado documentado virtualmente mediante la utilización de la fotogrametría de corto alcance datos que pueden ser base de futuras investigaciones y nuevas interpretaciones.

3.3 Proyecto Matiguás.

Otro de los proyectos en los que se ha sido participe es el “proyecto arqueológico Matiguás” que se desarrolla en el municipio de Matiguás en el departamento de Matagalpa, este corresponde a un sitio en el que se emplazan varias estructuras monticulares de los cuales se desarrolla la excavación de uno de ellos (Montículo 1). “de acuerdo a las clasificaciones de asentamientos establecidos para el norte de Nicaragua, en el caso del sitio ubicado en Las Vegas (MATI - 1) nos encontraríamos ante una aldea nucleada, caracterizada por la existencia de áreas con montículos contruidos a base de piedras y tierra ... (Balladares S, et all 2015), en dicho proyecto se ha participado en las campañas de excavación de manera consecutiva desde el año 2015, sin embargo fue hasta marzo del 2017 que se aplicó la documentación fotogramétrica en conjunto con el diseño en 3D para tener una referencia digital de la excavación, así mismo sirvió como un ejemplo a presentar sobre la aplicación de estas herramientas en la investigación arqueológica en Nicaragua. Este proyecto se desarrolla desde el 2013 por arqueólogo de la UNAN – Managua en conjunto con la universidad de estudios extranjeros de Kyoto, realizando investigaciones en la comarca Tierra blanca principalmente en el sitio finca Las Vegas.

¹⁵ Ver Video “Sondeo 4. Sitio 9” en CD

Para la campaña de excavación realizada en marzo del 2017 se extendieron dos nuevos cuadros (pozo 8 y 9) de los cuales se logró llevar una documentación sistémica de las catas de 20 cm excavadas, para ello se realizó un levantamiento fotogramétrico hasta su ultimo nivel excavado siendo procesadas las imágenes en el programa Aghisoft photoscan¹⁶ para obtener el modelo 3D el que luego fue trabajado en el programa Blender para juntar todas las catas y anexarle las escalas de referencia. El proceso de la documentación fotogramétrica fue el mismo planteado de casos anteriores mediante la toma de secuencias fotográficas de forma cenital, para este caso se dejaron dos marcas en el terreno que sirvieran de referencias al momento de agregarles las escalas en el programa de diseño 3D mediante la creación de escalas de 1 mt (jalones)¹⁷, a la vez usando el programa blender se organizó el conjunto de catas excavadas de tal manera que puede ser apreciada y comparada la diacronía de los niveles (ver imagen 42).



Imagen 42. Proceso de excavación del pozo 8 a partir del levantamiento fotogramétrico de 0 - 60cm

¹⁶ Ver imagen A-7 en anexo.

¹⁷ Ver imagen A-8 en anexo.



Finalizada la excavación se realizó otro levantamiento fotogramétrico del conjunto de catas del sondeo permitiendo tener un modelo 3D del área excavada en el cual se aprecian los elementos que conforman el contexto arqueológico de ese sitio (imagen 43).



Imagen 43. Modelo fotogramétrico 3D del área excavada en la campaña de marzo 2017 en finca Las Vegas.

También fueron documentados fotogramétricamente los perfiles estratigráficos para la realización de los dibujos correspondientes; la toma fotográfica se hizo en los perfiles norte y sur, posteriormente se procesaron las imágenes con el programa Aghisoft photo scan; una vez obtenido el modelo fotogramétrico se creó una imagen ortomosaico ó imágenes de alta calidad que mantienen la calidad de los detalles sin distorsión al momento de aumentar o reducir el zoom durante el dibujo con el programa Adobe ilustrador CS5 (imágenes 44 y 45). Esta aplicación permite reducir el tiempo estimado para el dibujo en caso que el tiempo de investigación sea corto, sin embargo, no debe de tomarse meramente sustitutivo ya que pueden haber detalles que por efectos ambientales no puedan ser captados por la cámara fotográfica y por ende no podrán ser visto en el modelo fotogramétrico.

Perfil Sur Loma 1 sitio finca Las Vegas. Matiguas.

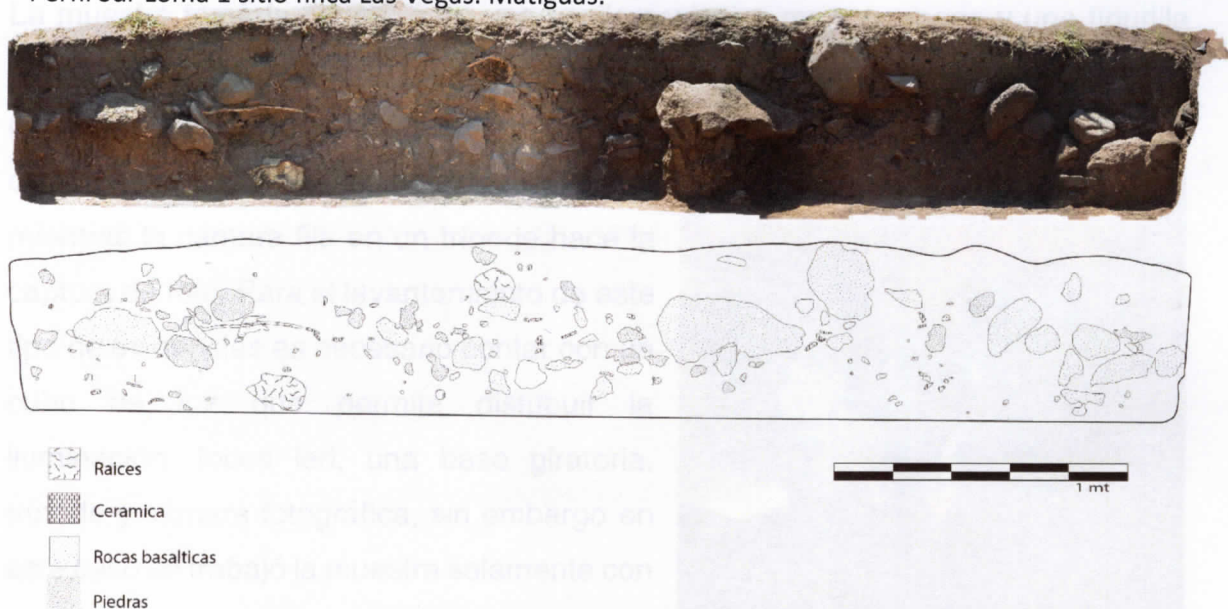


Imagen 44. Ortomosaico del perfil sur (Imagen superior) y dibujo del mismo a partir de la imagen ortomosaico (imagen inferior).

Perfil norte Loma 1 sitio finca Las Vegas. Matiguas.

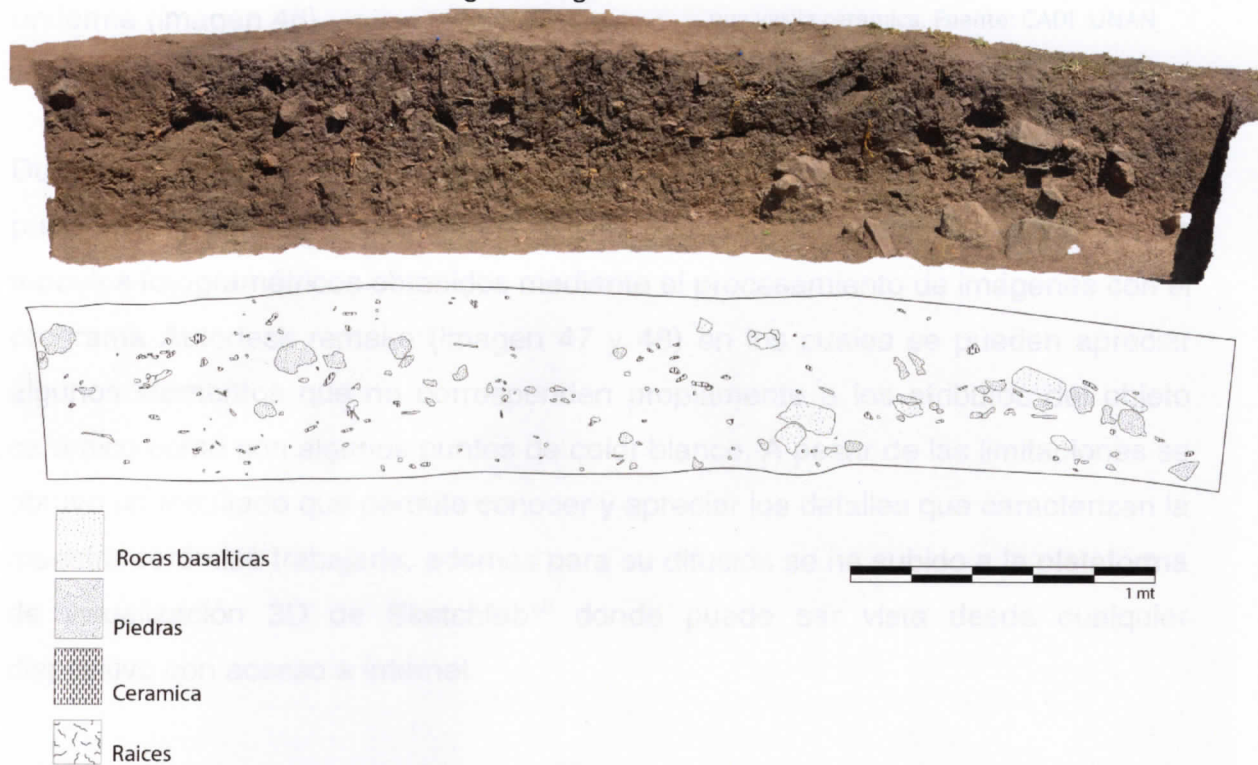


Imagen 45. Ortomosaico del perfil norte (Imagen superior) y dibujo del mismo a partir de la imagen ortomosaico (imagen inferior).

3.4 Levantamiento fotogramétrico en vasijas cerámicas.

La muestra tomada consistió en una vasija cerámica monocromada y una figurilla policromada, la captura de las imágenes en este caso cambia en relación con los contextos arqueológicos ya que es el objeto el que se moverá mediante una base giratoria mientras la cámara fija en un trípode hace la captura de foto. Para el levantamiento de este tipo de evidencias es necesario contar con un cubo de luz que permita distribuir la iluminación, focos led, una base giratoria, trípode y cámara fotográfica, sin embargo en este caso se trabajó la muestra solamente con el trípode y cámara fotográfica, mantas como fondo neutral, y bujías fluorescentes para tratar de crear en lo posible la iluminación uniforme (imagen 46).

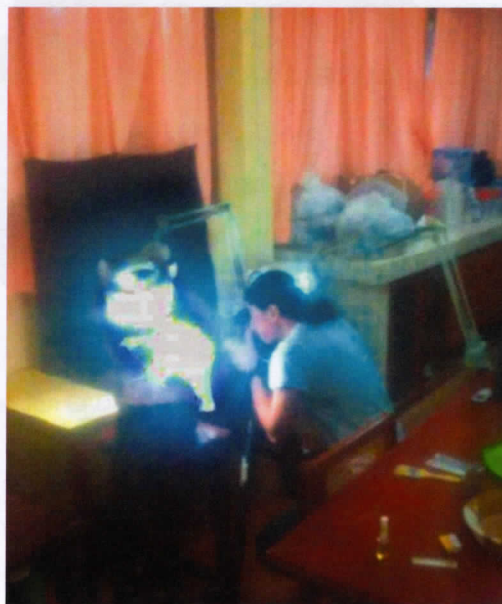


Imagen 46. Levantamiento fotográfico para crear modelo fotogramétrico 3D de una vasija cerámica. Fuente: CADI -UNAN

Durante el levantamiento fotográfico la captura de sombras o brillo en el objeto puede generar deformaciones en el resultado final tal como es consecuente en los modelos fotogramétricos obtenidos mediante el procesamiento de imágenes con el programa Autodesk remake (imagen 47 y 48) en los cuales se pueden apreciar algunos elementos que no corresponden propiamente a los atributos del objeto cerámico como son algunos puntos de color blanco. A pesar de las limitaciones se obtuvo un resultado que permite conocer y apreciar los detalles que caracterizan la muestra cerámica trabajada, además para su difusión se ha subido a la plataforma de visualización 3D de Sketchfab¹⁸ donde puede ser vista desde cualquier dispositivo con acceso a internet.

¹⁸ Ver imagen A-9 y A-10 en anexos.

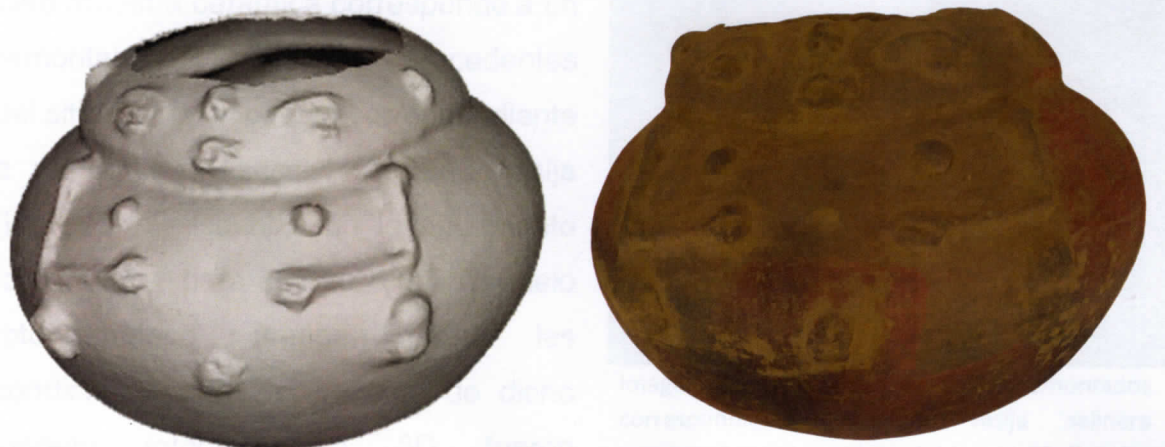


Imagen 47. Modelo fotogramétrico de una vasija cerámica colección CADI - UNAN. En lado izquierdo modelo 3D sólido y en lado derecho con textura. Fuente: propia



Imagen 48. Modelo fotogramétrico de una figurilla cerámica colección CADI – UNAN. En lado izquierdo modelo 3D sólido y en lado derecho con textura. Fuente: propia

3.4.1 Reconstrucción vasija cerámica salinera.

Otra muestra cerámica corresponde a un remontaje de fragmentos procedentes del sitio #9 de Brito, este correspondiente a un corte de sección de una vasija (imagen 48), se hizo un levantamiento fotográfico para crear un modelo fotogramétrico (imagen 49), las condiciones para la creación de dicho modelo fotogramétrico 3D fueron similares, se siguió la misma estrategia de captura de imágenes, a pesar que de igual manera el modelo final presentaba algunos detalles que no correspondían a los atributos de la vasija se obtuvo un modelo óptimo con sus características físicas y estructura que permitiera tener su grosor para obtener el perfil de la vasija y realizar una reconstrucción 3D.



Imagen 48. Fragmentos cerámicos remontados correspondiente a una vasija salinera recuperados del contexto del horno #3. Fuente: CADI - UNAN.



Imagen 49. Modelo fotogramétrico 3D sólido correspondiente a vasija salinera.

Fue realizado el corte del modelo fotogramétrico por la mitad usando las herramientas de edición del programa Autodesk remake, mismo con el que se procesaron las imágenes para obtener el modelo 3D, una vez cortado se exportó como imagen JPG para su calco mediante el programa adobe ilustrador cs5 (Imagen 50), obteniendo el boceto por medio del cual se editó en el programa Blender¹⁹ para crear la reconstrucción y tener una perspectiva de cómo era la vasija en el pasado (imagen 51).

¹⁹ Ver imagen A-11 en anexos

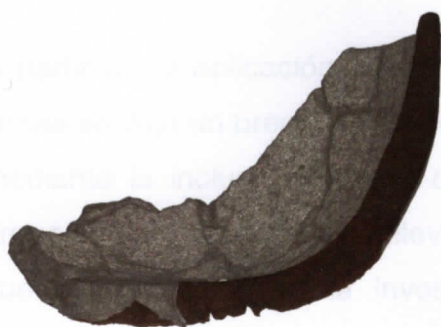


Imagen 50. Modelo fotogramétrico cortado para ver el perfil de la vasija (imagen izquierda), al lado dibujo de calco del perfil (imagen derecha).



Imagen 51. Reconstrucción de vasija a partir del dibujo de perfil. Vista frontal a la izquierda y vista planta a la derecha.

Conclusiones.

A partir de la aplicación de las herramientas de virtualización de la arqueología virtual se deja un precedente y referencia de los resultados que se pueden obtener mediante la inclusión integral de estas herramientas en futuras investigaciones arqueológicas en el país, conllevando a la vez el planteamiento de nuevos objetivos que enriquezcan más la investigación y difusión del patrimonio arqueológico nicaragüense, así mismo el de incidir al surgimiento de especialistas que se orienten a este campo.

Particularmente esta tesis monográfica, a través de los resultados expuestos en el acápite anterior, ha logrado cumplir con los objetivos planteados y de igual manera se corroboró las hipótesis planteadas conllevando a las conclusiones expuestas en este apartado.

La aplicación de la fotogrametría de corto alcance para crear modelos 3D sirve como un medio para la conservación digital del contexto arqueológico que permitirá a los investigadores tener una base a partir del cual se puedan inferir nuevas interpretaciones, ya que pueden conocer el registro espacial en su conjunto integral y recurrir a estas cuantas veces sea necesario, aun cuando el sitio haya sido destruido o cubierto. Además, esta herramienta es útil para obtener dibujos de planta o de perfiles/secciones estratigráficas, los que generalmente en campo conlleva a una inversión de gran cantidad de tiempo para su elaboración en el proceso de excavación.

Entre los resultados obtenidos en la aplicación de la fotogrametría de corto alcance en una muestra cerámica se ha logrado tener una réplica digital idéntica a la vasija original que sirve como respaldo de inventario y difusión.

Para los objetos arqueológicos cerámicos, la documentación fotogramétrica permite tener una base de datos de las colecciones en caso que éstas sean destruidas por desastres naturales ó que hayan sido robadas; también puede ser una buena forma de difusión interactiva y llamativa mediante el uso conjunto de las plataformas de visualización 3D accesible a todo público.

Las interpretaciones y los elementos que conformaron el contexto arqueológico estudiado, pueden ser reconstruido mediante el uso del diseño 3D y presentado de una manera comprensible a todo tipo público.

El uso de las tecnologías de información y comunicación permitirá una difusión del patrimonio arqueológico que satisfaga la curiosidad y el conocimiento histórico mediante el uso de los distintos medios visuales que se logre adaptar a la investigación arqueológica, más aun en aquellos proyectos orientados a la educación por medio de la difusión; así mismo permitirá la protección de algún bien patrimonial cuya muestra al público en las distintos medios visuales 2D (video virtual) y 3D (plataformas online) previene el deterioro irreversible o destrucción total, contribuyendo al deleite del patrimonio arqueológico sin inferir en su estado físico.

Por otro lado, es un medio interactivo que impacta la atención de todo público que puede usarse para transmitir conocimiento y concientizar sobre el valor que tienen los bienes y contextos arqueológicos para la investigación y desarrollo social de una comunidad.

Permite, además, preservar dichos contextos para las futuras generaciones, no sólo de arqueólogos sino de la población en general así mismo ayudaría a una difusión más dinámica.

Lo significativo de estos resultados es que se sabe que queda para la posteridad el registro digital de las investigaciones desarrolladas y de los contextos arqueológicos, contribuyendo de esta manera a la conservación del patrimonio arqueológico en caso que sean destruidos por eventos naturales y antrópicos.



Bibliografía.

Aparicio P, (2016). Visores 3d y vídeos de las zonas excavadas en 2015 en el cerro bilanero.[Mensaje en un blog]. Recuperado en: <https://parpatrimonioytecnologia.wordpress.com/2015/09/20/visores-3d-y-videos-de-las-zonas-excavadas-en-2015-en-el-cerro-bilanero/>

Bendicho V (2009). Arqueología virtual: España marca tendencias. Clío: Revista de historia, (91), 32-41.

Bendicho V, Grande A. (2010). Hacia una carta internacional de arqueología virtual. El borrador SEAV. *Arqueología 2.0*. Año 1, N°1. 79 – 83. Sevilla. Recuperado en: <http://www.arqueologiavirtual.com/>

Camacho. G. (2009, agosto 17). Salva el planeta de la contaminación [Mensaje en Foro]. Recuperado en: http://forums.terra.com/foros/noticias/Noticias_C5/Tecnolog%EDa_F7/

Consejo de estado de la Republica de Nicaragua (1982). Decreto No. 1,142. Ley de protección al patrimonio cultural de la nación. Publicado en *La Gaceta Diario Oficial* No. 282, del 22 de noviembre de 1892. Nicaragua. Recuperado en: <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/3133c0d121ea3897062568a1005e0f89/219c2cb0ba8db6b0062570a10057cf32?OpenDocument>

Dirección Nacional de Bibliotecas INACAP (2015). Guía para citar textos y referencias bibliográficas según Norma de la American Psychological Association (APA) 6° edición. Recuperado de: https://www.ubu.es/sites/default/files/portal_page/files/guia_para_citar_textos_y_referencias_bibliograficas_segun_norma_de_la_apapdf

HKND-group. *Informe de Fase II Estudio Arqueológico de Pre-construcción en Brito 2016*. Recuperado de: <http://hknd-group.com/portal.php?mod=view&aid=420>



Balladares S, Lechado L, Minami H, Uemura M. (2015). El proyecto arqueológico Matiguás y su actividad en Nicaragua. *Humanismo y cambio social*. 6(3). Pp 116-119

Gómez J. (2011). La comunicación de la arqueología virtual. *VAR* 2(3). 39-41. Recuperado en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5237551.pdf>

Gómez L & Quirosa V (2015). Nuevas tecnologías para difundir el Patrimonio Cultural: las reconstrucciones virtuales en España. *e-rph- Revista electrónica de Patrimonio Histórico*, 4, 150-173. Recuperado en: <http://revistaseug.ugr.es/index.php/erph/article/view/3357/3369>

Gómez L, Quirosa V, Fernández J. (2009). El patrimonio intangible. Infografía para preservar la memoria del pasado. *Arqueoweb*. Recuperado en: <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/arqueoweb/pdf/12/robles.pdf>

Grande A, Menchero V. (2006). La carta de Londres para el uso de la visualización tridimensional en la integración y divulgación del patrimonio cultural. Edición española. Recuperado en: http://www.londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_1_1_es.pdf

Hernández L, Blanco J, Iglesias J, Taibo J, Seoanes A, Jaspe A, López R. (2006). El museo vacío. Uso de una instalación transitable de realidad virtual para la experimentación espacial de una unidad habitacional en un asentamiento romano. *SIGRADI*. 2006. Recuperado en: <http://videolab.udc.es>

ICOMOS (1993). Directrices para la formación conservación de los monumentos, conjuntos y sitios. Asamblea General del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios. Asamblea llevada cabo en Colombo, Sri Lanka. Recuperado en:

https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=es&prev=search&rurl=translate.google.com.ni&sl=fr&u=http://www.icomos.org/charters/education-f.pdf&usg=ALkJrhHg37porr1-9B2d2RkzpmIwRvYc4Q

Instituto Nacional de Cultura del Perú (2007). Documentos fundamentales para el patrimonio cultural. Textos internacionales para su recuperación, repatriación, conservación, protección y difusión. 1ra Edición. Lima, Perú. Recuperado en: <http://www.cultura.gob.pe/sites/default/files/archivosadjuntos/2013/05/iiidocumentosfundamentales.pdf>

Jauregui L. (s.f). Fotogrametría. Recuperado de <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/iluis/>

Lawrence G. D. (1991). Registro fotogramétrico de la Pirámide del Adivino, Uxmal, Yucatán, México: Evaluación de campo, 1990. Consejo de Arqueología Boletín, 75-78. Recuperado de: <http://maya.csueastbay.edu/archaeoplanet/LgdPage/Adivino91PapSp.htm>

Lowry J. (Abril, 2016). Recomendaciones. *Huellas*. Año 1, N°1. 63-65. Managua
Marín, T. L. (1999). Una nueva forma de ver la Arqueología: Arqueología Audiovisual. *Arqueoweb: Revista sobre Arqueología en Internet*, 1(3), 3-13. Recuperado en: <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/arqueoweb/pdf/1-3/lloret.pdf>

Martínez J, (2014). El uso de la fotogrametría digital y otras técnicas de virtualización en la arqueología mexicana. [Mensaje en un blog]. Recuperado en: <https://parpatrimonioytecnologia.wordpress.com/2014/03/11/el-uso-de-la-fotogrametria-digital-y-otras-tecnicas-de-virtualizacion-en-la-arqueologia-mexicana/>

Medrano D, Valera J y Jiménez R. (2011). La historia de las tic's [diapositivas de PowerPoint]. Recuperado de URL <http://es.slideshare.net/CulturaPoliticaUbv/la-historia-de-las-tics>.

Mendoza M, Cano V y Gras M. (2004). Uso de las TIC (tecnologías de la información y de la comunicación) en la formación inicial y permanente del profesorado. Recuperado en: <http://roderic.uv.es/handle/10550/29806>

Perrot-Minnot, S., Gelliot, E., & Costa, P. (2015). Opération de contextualisation de l'art rupestre amérindien de la Martinique. Rapport remis à la Direction des Affaires Culturelles de Martinique, Fort-de-France. Recuperado en: https://www.academia.edu/20307777/Op%C3%A9ration_de_contextualisation_de_lart_rupestre_am%C3%A9rindien_de_la_Martinique

Piura L, J. (2012). Metodología de la investigación científica: Un enfoque integrador. Séptima Edición. Managua, Nicaragua.

Presidencia de la república de Nicaragua (2006). Decreto No. 10-2006. Reglamento de investigaciones arqueológicas. Publicado en La Gaceta Diario Oficial No.041, del 27 de Febrero del 2006. Nicaragua. Recuperado en: [http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/\(\\$All\)/D294813BC183D92E0625755F007986FC?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/($All)/D294813BC183D92E0625755F007986FC?OpenDocument)

Principios de Sevilla (2012). Principios internacionales de la Arqueología Virtual. In Borrador Final del Forum internacional de Arqueología Virtual (Sevilla). Recuperado en: <http://smartheritage.com/wp-content/uploads/2016/06/PRINCIPIOS-DE-SEVILLA.pdf>

Reilly, P. (1989). Towards a virtual archaeology. *IBM UK Scientific Centre*. (25), 133-139. Recuperado en:

https://www.researchgate.net/publication/235902686_Towards_a_virtual_archaeology

Reindel M. (2007). Los geoglifos de Palpa: documentación y análisis arqueológico. R, Hostnig. (Presidencia). Actas del primer simposio nacional de arte rupestre. Inst. Francés de Estudios Andinos. Cusco, Perú.

Renfrew, C., & Bahn, P. (1997). Teorías, métodos y prácticas de la arqueología. Akal S.A. Madrid, España.

Rodríguez E. (2010) Recreación virtual de la necrópolis de Lomo Gordo. San Bartolomé de Tirajana, Gran Canaria. *Arqueología 2.0* 1(1). 179-182. Recuperado de <http://www.arqueologiavirtual.com/>

Samayoa Q, Loch, C. (2010). La documentación de edificios prehispánicos: Desde el grafito maya a la fotogrametría arquitectura digital. In Catastro: formación, investigación y empresa: Selección de ponencias del I Congreso Internacional sobre catastro unificado y multipropósito (pp. 403-412). Recuperado en: http://coello.ujaen.es/congresos/cicum/ponencias/Cicum2010.3.05_Quintana_La_documentacion_de_edificios_prehispanicos.pdf

Sánchez J (2006). Introducción a la fotogrametría. Recuperado en: ftp://190.124.224.16/agrimensura/Fotogrametria/Unidad2/Conceptos_Basicos_de_Fotogrametria_General.pdf

Schiffer, M. (1990). Contexto arqueológico y contexto sistémico. En Boletín de Antropología Americana. N° 22. Diciembre. Pág. 81-93.

Schiffer, M. B. (1972). Archaeological context and systemic context. *American antiquity*, 37(2), 156-165.



Vizcaino D, Calvo J, Hinojo E, Soler J. (2013). La reconstrucción virtual del patrimonio arqueológico al servicio de la divulgación y puesta en valor de la villa romana de Liédena, Navarra-España. *VAR* 4(8). 104-108. Recuperado en: <https://polipapers.upv.es/index.php/var/article/view/4332/4472>

World Wide Web, (s. f). En Wikipedia. Recuperado el 12 de Octubre de 2016 de https://es.wikipedia.org/wiki/World_Wide_Web#cite_note-1

Anexos

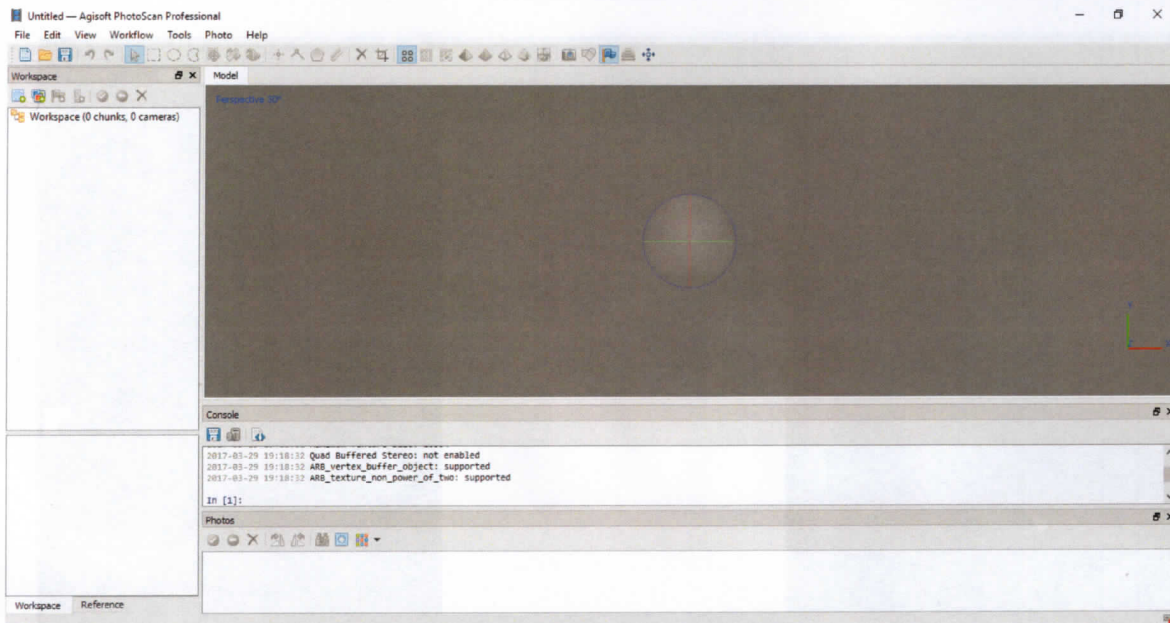


Imagen A-1. Escritorio de trabajo del programa Agisoft photo scan.

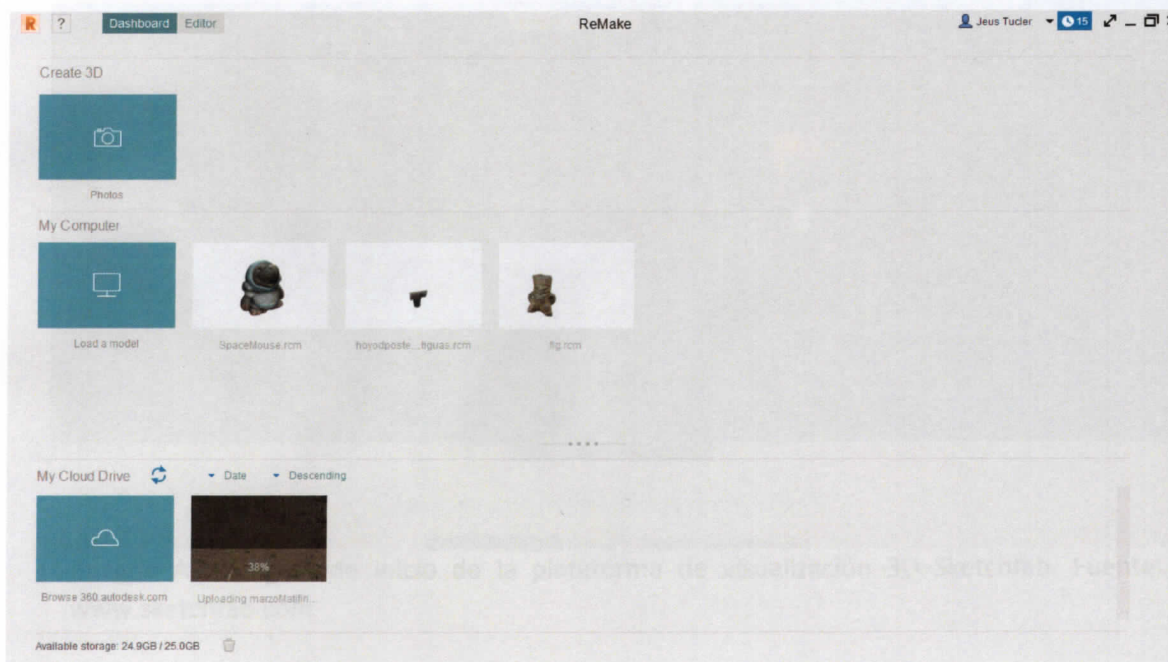


Imagen A-2. Escritorio de trabajo del programa Autodesk Remake.

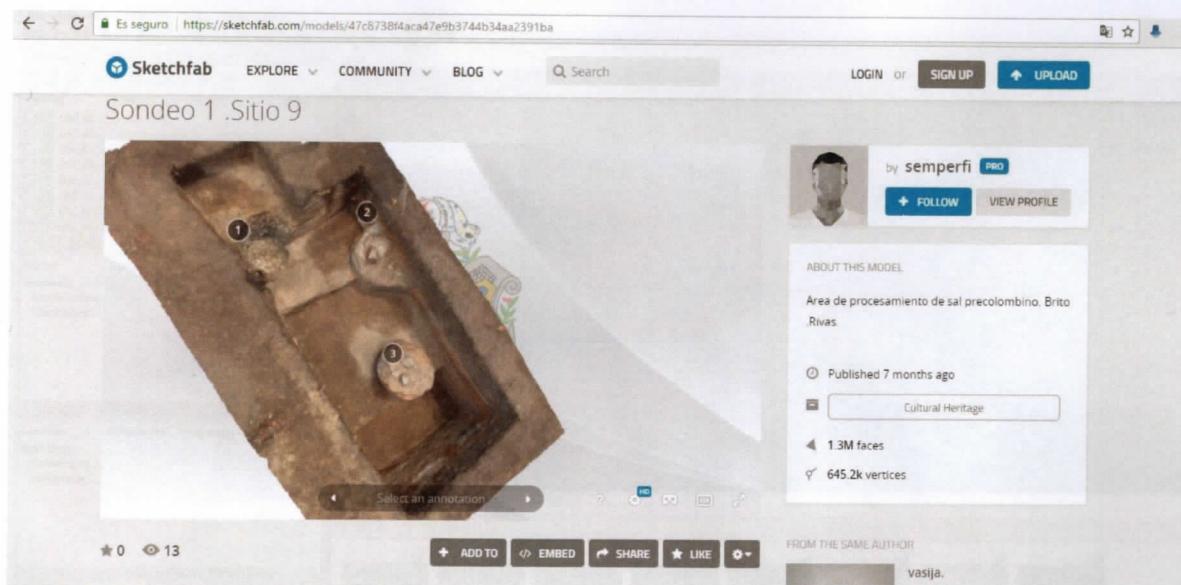


Imagen A-5. Modelo fotogramétrico del sondeo 1 Brito-Rivas, subido a la plataforma Sketchfab para visualizarlo en 3D.

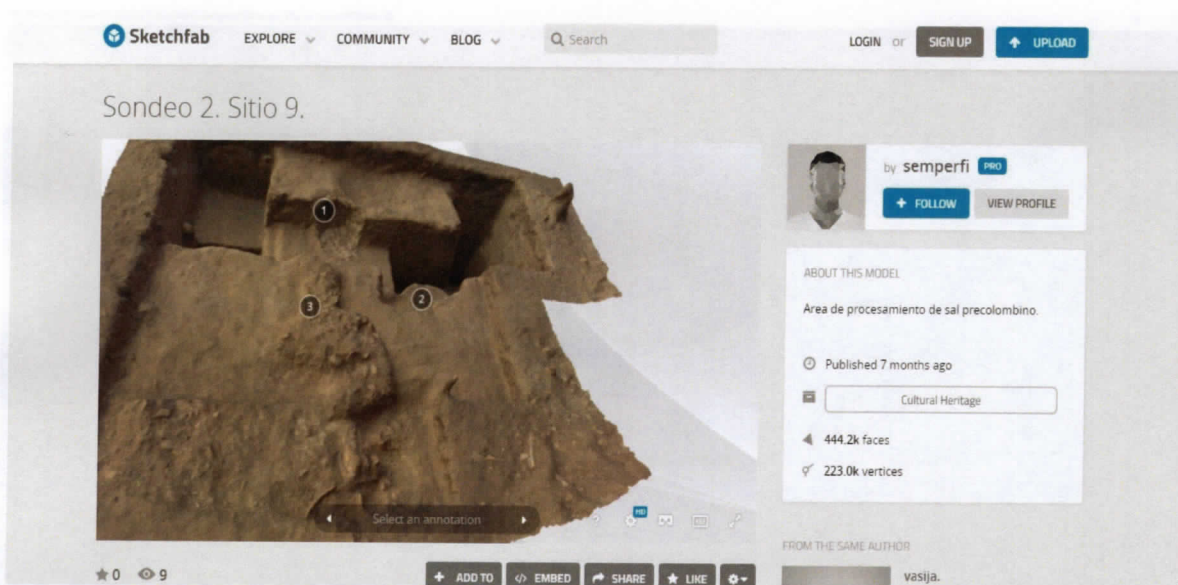


Imagen A-6. Modelo fotogramétrico del sondeo 2 Brito-Rivas, subido a la plataforma Sketchfab para visualizarlo en 3D.

LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO DE NICARAGUA CON EL USO DE LAS TIC.

Una propuesta desde la Arqueología Virtual.

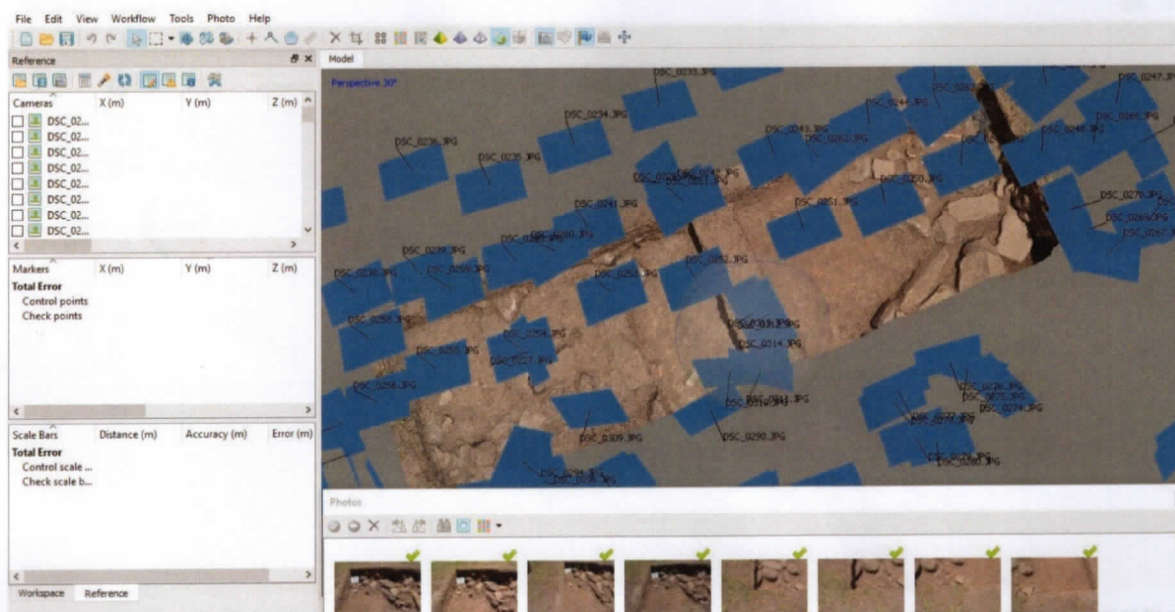


Imagen A-7. Procesamiento de datos fotográficos para crear modelo fotogramétrico con el programa Agisoft photo scan del pozo 8 y 9 en finca las Vegas, Matiguás.

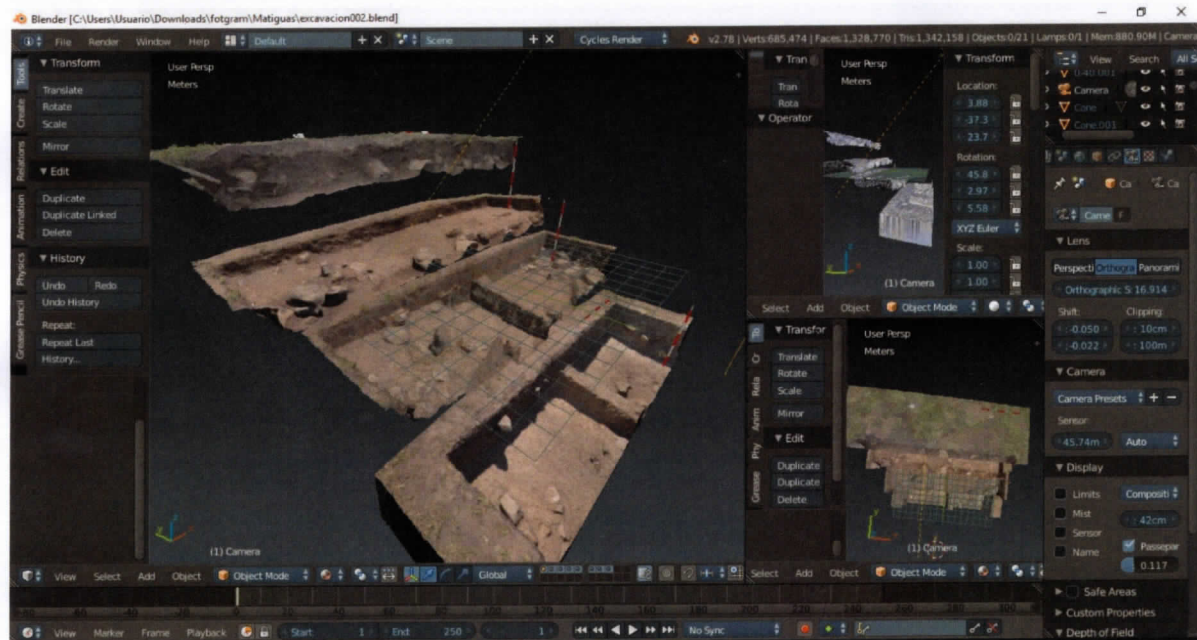


Imagen A-8. Diseño y ubicación de jalones de escala en los modelos fotogramétricos con el programa de diseño 3D Blender.

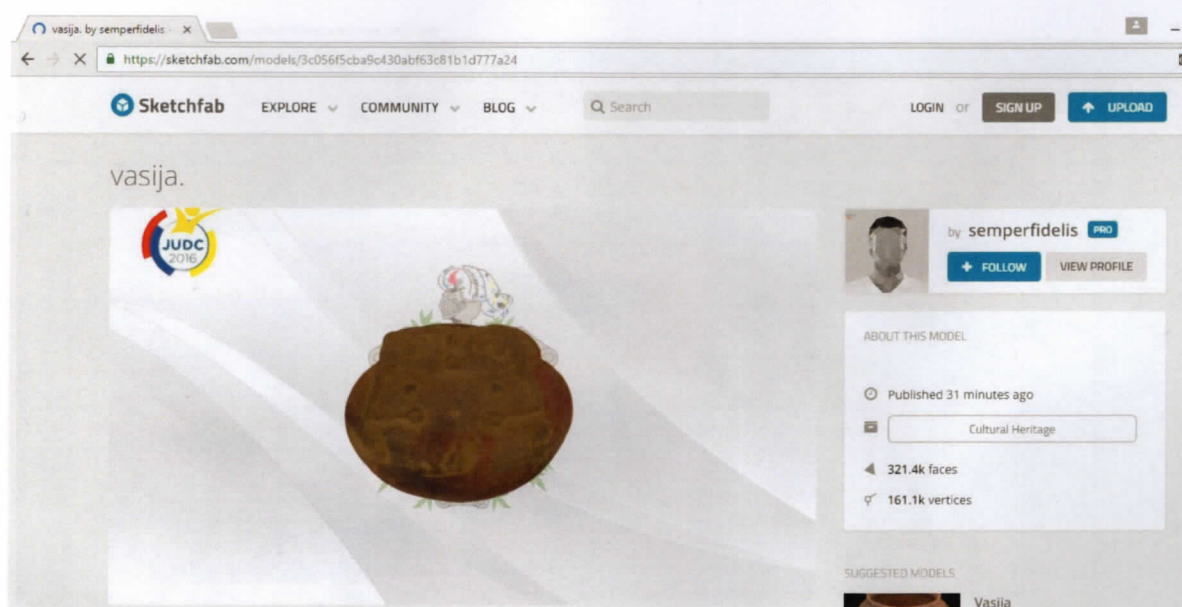


Imagen A-9. Modelo fotogramétrico de una vasija cerámica de la colección del CADI - UNAN, subido a la plataforma Sketchfab para visualizarlo en 3D. Fuente: propia

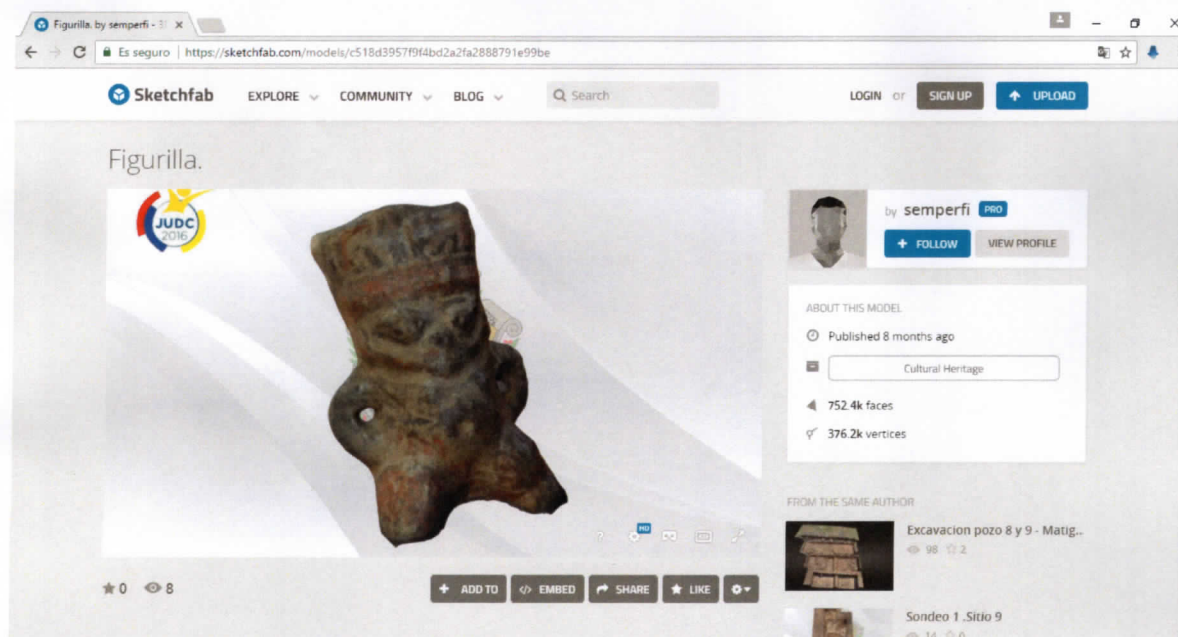


Imagen A-10. Modelo fotogramétrico de una figurilla cerámica de la colección del CADI - UNAN, subido a la plataforma Sketchfab para visualizarlo en 3D.

LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO DE NICARAGUA CON EL USO DE LAS TIC.

Una propuesta desde la Arqueología Virtual.

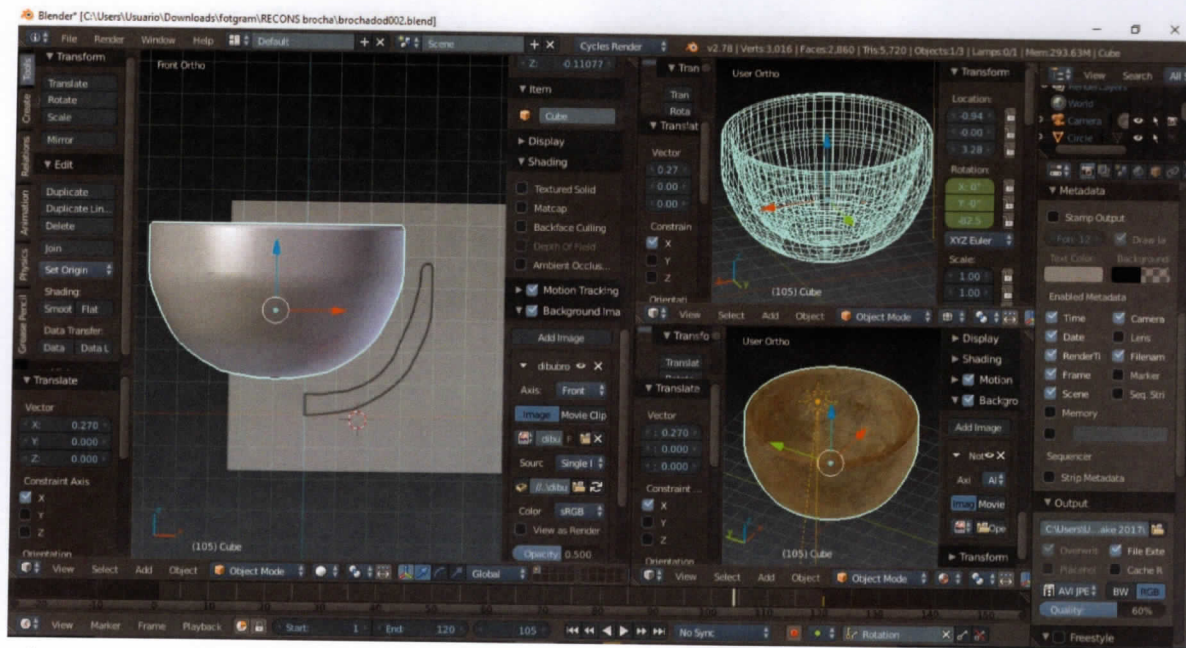


Imagen A-11. Reconstrucción de vasija cerámica tipo Brochado Nuevo con el uso del programa Blender.